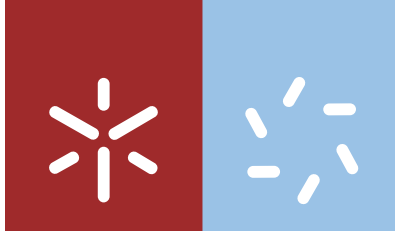


Universidade do Minho  
Escola de Ciências

Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira

**Relatório da atividade profissional**  
Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores:  
Física e Química



**Universidade do Minho**

Escola de Ciências

Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira

## **Relatório da atividade profissional**

Ao abrigo do Despacho RT-38/2011

Mestrado em Ciências - Formação Contínua de Professores  
Área de Especialização em Física e Química

Trabalho realizado sob a supervisão da

**Professora Doutora Maria Alice Gonçalves Carvalho**

## Declaração

Nome: Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira

Endereço electrónico: kijulobato@gmail.com

Telefone/ telemóvel: 229951411/ 963073244

Número do cartão de cidadão: 7009087

Nome do trabalho: Relatório da Atividade Profissional

Supervisora: Professora Doutora Maria Alice Gonçalves Carvalho

Ano de conclusão: 2013

Designação do mestrado: Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores

Área de especialização: Física e Química

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTES TRABALHOS APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_/ \_\_/ \_\_\_\_\_

Assinatura:

---

## **Agradecimentos**

À minha supervisora, Professora Doutora Maria Alice Carvalho, um agradecimento muito especial pelo apoio, disponibilidade e saber partilhado.

À minha amiga Isabel Duarte que, com o seu entusiasmo contagiante, me levou a participar neste projeto.

À minha amiga professora Anabela Pinto, não só pela colaboração na realização da atividade experimental, mas também pela disponibilidade e entusiasmo.

Ao Doutor José Carlos Pires, pelo apoio prestado ao disponibilizar material de consulta diverso.

Aos meus colegas de trabalho, pelo incentivo e disponibilidade em colaborar.

À minha família e aos meus amigos, pelo apoio e incentivo.

Ao meu marido e filhos, pelo incentivo, pela paciência e por compreenderem as ausências.

A todos aqueles que, de algum modo, contribuíram para a realização deste projeto.





## Resumo

*As transformações químicas e a revelação do azul da prússia no processo da cianotopia* foi o tema escolhido para o enquadramento científico deste relatório.

Desde a constituição do átomo até à Teoria do Campo Cristalino, passando pelas reações químicas que ocorrem por exposição de determinadas substâncias à luz, são abordados conceitos que sustentam a explicação para a formação das impressões em azul da prússia, nos cianótipos. Falar dos cianótipos implica também fazer referência à estrutura do azul da prússia, responsável pelas suas propriedades químicas e físicas muito interessantes, que lhe conferem diversas aplicações, não esquecendo um pouco da história da sua descoberta.

No contexto deste tema é apresentada uma atividade experimental realizada com os alunos, “Cianótipo – Revelação do azul da prússia”, e uma proposta para a construção de um *kit* para impressão de cianótipos.

Deste relatório faz ainda parte uma apresentação e reflexão sobre alguns projetos desenvolvidos no contexto escolar considerados relevantes para a atividade profissional.

Refere-se, por último, a formação adquirida ao longo da carreira docente, como um contributo para o aperfeiçoamento do desempenho profissional, a nível científico e pedagógico-didático.



## Abstract

*Chemical transformations and the revelation of prussian blue in the cyanotype process* was the topic chosen for the scientific framework of this report.

Explanations of why prussian blue prints are formed in cyanotypes, range from the constitution of the atom to Crystal Field Theory, passing through the chemical reactions of certain substances when exposed to light. On the topic of cyanotypes, it's also necessary to refer to the structure of prussian blue, that is responsible for its highly interesting chemical and physical properties, endowing it with various applications, and also linked to the history of its discovery.

On this topic, an experimental activity that was carried out with the students is presented, "Cyanotype - Revelation of prussian blue", and a proposal for building a *kit* for printing cyanotypes.

This report also includes a presentation and reflection on several projects developed in the school context that are considered to be of relevance for the professional activity.

Finally, the report refers to the training that is received over the course of the teaching career, as a contribution to improving professional performance, at a scientific and pedagogical-didactic level.



# Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de tabelas .....</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de apêndices .....</b>	<b>xvi</b>
<b>Índice de anexos .....</b>	<b>xvii</b>
<b>Capítulo I - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Contextualização do relatório.....	1
1.2. Enquadramento do tema escolhido: As transformações químicas e a revelação do azul da prússia no processo da cianotopia.....	1
<b>Capítulo II - Cianótipos – a química de um azul .....</b>	<b>3</b>
2.1. Conceitos fundamentais.....	3
2.1.1. Estrutura atômica.....	3
2.1.2. Elementos químicos e Tabela Periódica.....	25
2.1.3. Metais de transição.....	28
2.1.4. Complexos metálicos e compostos de coordenação .....	31
2.1.5. Ligação química nos compostos de coordenação – Teoria do Campo Cristalino.....	34
2.1.6. A cor nos complexos dos metais de transição .....	37
2.2. Azul da prússia.....	41
2.2.1. Descoberta do azul da prússia .....	41
2.2.2. Estrutura do azul da prússia .....	42
2.2.3. Preparação do azul da prússia .....	44
2.2.4. A cor do azul da prússia .....	47
2.2.5. Aplicações do azul da prússia .....	48
2.3. Cianótipos .....	51
2.3.1. Como produzir um cianótipo .....	53
2.3.2. A química do processo da cianotopia .....	55
2.3.3. Viragens.....	56
2.4. Atividade experimental realizada com os alunos .....	57
2.4.1. Apresentação e discussão da atividade.....	57
2.4.2. Folha do aluno .....	60

2.4.3. Folha do professor .....	64
2.4.4. Projeto para construção de um <i>kit</i> para impressão de cianótipos.....	69
<b>Capítulo III - Apresentação e discussão de projetos .....</b>	<b>71</b>
3.1. Projeto “Energia – onde estamos, para onde vamos?” e concurso “O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia” .....	71
3.2. “Um dia na minha escola – recepção aos alunos do 4.º ano” .....	73
3.3. Projeto “Química com todos e para todos” .....	74
3.4. Projeto “Experimenta e brinca com a Física à mistura” .....	77
3.5. Outras atividades .....	79
<b>Capítulo IV - Ações de formação .....</b>	<b>85</b>
4.1. Ações de formação específicas da área disciplinar de Ciências Físico-Químicas .....	85
4.2. Ações de formação em TIC .....	89
4.3. Ações de formação em prática e investigação pedagógica .....	90
<b>Capítulo V - Conclusões .....</b>	<b>93</b>
<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>95</b>
<b>Apêndices .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>111</b>

## Índice de figuras

Figura 1– Representação de uma onda (adaptado de [4]).	8
Figura 2 – Espectro eletromagnético (adaptado de [4]).	9
Figura 3 – (a) Representação de um espectro de emissão contínuo e (b) de um espectro de riscas.	11
Figura 4 – Espectro do átomo de hidrogénio na região do visível (adaptado de [9]).	11
Figura 5 – Transição de um eletrão entre níveis de energia (adaptado de [4]).	12
Figura 6 – Transições eletrónicas para um átomo de hidrogénio (adaptado de [9]).	14
Figura 7 – Representa uma órbita permitida, em que o perímetro da órbita é igual a um número inteiro de comprimento de onda (adaptado de [4]).	15
Figura 8 – (a) Densidade eletrónica para a orbital $1s$ do átomo de hidrogénio em função da distância ao núcleo; (b) diagrama de superfície fronteira para a orbital $1s$ do átomo de hidrogénio (adaptado de [4]).	20
Figura 9 – Diagrama de superfície fronteira para a orbital $1s$ do átomo de hidrogénio (adaptado de [4]).	20
Figura 10 – Diagramas de superfície fronteira para as três orbitais $p$ (adaptado de [4]).	21
Figura 11 – Diagramas de superfície fronteira para as cinco orbitais $d$ [4].	21
Figura 12 – Representa os níveis energéticos das orbitais num átomo polieletrónico (adaptado de [4]).	22
Figura 13 – Representa a ordem de preenchimento das orbitais eletrónicas num átomo polieletrónico (adaptado de [4]).	23
Figura 14 – Organização da Tabela Periódica em metais, não metais e semimetais (adaptado de [4]).	26
Figura 15 – Excerto da Tabela Periódica com as configurações eletrónicas da camada de valência (adaptado de [4]).	27
Figura 16 – Organização da Tabela Periódica em blocos (adaptado de [4]).	28
Figura 17 – Geometria octaédrica de um complexo de metal de transição (adaptado de [4]).	32
Figura 18 – Ião complexo $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ (adaptado de [10]).	32



Figura 19 – (a) Representação do ião hexacianoferrato (II) (ião ferrocianeto), $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$ e (b) do ião hexacianoferrato (III) (ião ferricianeto), $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$ (adaptado de [11]).	33
Figura 20 – Arranjo octaédrico dos seis ligandos à volta do ião metálico.	34
Figura 21 – Orbitais $d$ num complexo octaédrico [4].	35
Figura 22 – Desdobramento das orbitais $d$ pelo campo cristalino dos ligandos num complexo octaédrico (adaptado de [4]).	36
Figura 23 – Roda da cor (adaptado de [4]).	37
Figura 24 – (a) Representa o processo de absorção de um fotão e (b) uma representação do espectro de absorção do ião $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . A energia do fotão coincide com a energia de desdobramento do campo cristalino. O máximo de absorção na região do visível ocorre a 498 nm (adaptado de [4]).	38
Figura 25 – Estrutura do azul da prússia (adaptado de [14]).	42
Figura 26 – Estruturas do azul da prússia, gentilmente cedidas por Xavier Prat-Resina. Legenda: amarelo – $\text{Fe}^{\text{II}}$ ; vermelho escuro – $\text{Fe}^{\text{III}}$ ; cinzento – carbono; azul – nitrogénio; roxo – iões potássio; vermelho – oxigénio da molécula de água; branco – hidrogénio da molécula de água [16].	43
Figura 27 – Preparação do azul da prússia a partir da reação de uma solução de cloreto de ferro (III), $\text{FeCl}_3$ , com uma solução de hexacianoferrato (II) de potássio, $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ [4].	45
Figura 28 – Cianótipo de <i>Cystoseira granulata</i> . Atkins, Anna. Data de publicação 1843-1853. <i>Photographs of British algae: cyanotype impressions. / Part I</i>	51
Figura 29 – Detalhe, em <i>blueprint</i> , de gradeamento da Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho, Lisboa. Ateliê de Ventura Terra. Créditos fotográficos: Maria de Fátima Abraços, 2009 – 2010.	52
Figura 30 – Cianótipo de folha de pavão (2012).	52
Figura 31 – (a) Material e (b) reagentes utilizados para preparar a solução reveladora.	53
Figura 32 – Sensibilização do papel com a solução reveladora.	53
Figura 33 – (a) Método de impressão por contacto; (b) fotograma.	54
Figura 34 – Exposição do papel à luz.	54
Figura 35 – (a) Lavagem e (b) secagem.	55
Figura 36 – Blocos de apontamentos.	57

Figura 37 – (a) Painel exposto na biblioteca com cianótipos sobre o mar produzidos pelos alunos do 8.º D; (b) cianótipo produzido pelos alunos do 8.º D a partir do negativo de uma fotografia da praia de Angeiras. ....	58
Figura 38 – Cianótipo produzido pelos alunos da turma de currículos alternativos. ....	58
Figura 39 – (a) Exposição dos cianótipos à luz solar; (b) laboratório de trabalho para a realização dos cianótipos. ....	59
Figura 40 – Estrutura do azul da prússia, formada pela interação do ião complexo hexacianoferrato (II), um complexo de geometria octaédrica, com o ião ferro (III), constituindo uma estrutura cúbica onde os iões ferro (II) e ferro (III) ocupam os vértices e os ligandos cianeto as arestas. O ião ferro (II) está ligado ao átomo de carbono do ião cianeto e o ião ferro (III) está ligado ao átomo de nitrogénio, segundo a sequência $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C}\equiv\text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$ [14]. ....	65
Figura 41 – <i>Kit</i> para impressão de cianótipos (a); papel para produção de cianótipos (b). ....	69
Figura 42 – Material que compõe o <i>kit</i> . ....	70
Figura 43 – (a) <i>Workshop</i> sobre fornos solares; (b) campanha de troca de lâmpadas. ....	73
Figura 44 – (a) Laboratório de ciências; (b) desenho realizado pelos alunos do 4.º ano, após a visita à escola. ....	74
Figura 45 – (a) Laboratório; (b) cristais de sulfato de cobre e sulfato de amónio sobre conchas; (c) cristais de hidrogenofosfato de amónio e alúmen de crómio (Anexo 12). ....	75
Figura 46 – (a) Fabrico de sabões; (b) polímeros de silicone. ....	76
Figura 47 – (a) e (b) Fotogramas. ....	76
Figura 48 – Fotografia tirada com caixa de sapatos: positivo e negativo. ....	78
Figura 50 – Modelos moleculares representativos de moléculas envolvidas na “Química do amor”. ....	80
Figura 51 – (a) Trabalhos realizados pelos alunos sobre a vida de Marie Curie; (b) marcadores de livros elaborados pela equipa da biblioteca escolar, (c) exposição sobre a radioatividade e sobre a vida e descobertas de Marie Curie. ....	80
Figura 52 – (a) Mostra de experiências, (b) extração do ADN do kiwi, (c) padrões coloridos. ....	80

Figura 53 – Imagens do <i>powerpoint</i> . (a) slide de apresentação; (b) slide com questões colocadas aos alunos. ....	82
Figura 54 – (a) Montagem do telescópio; (b) observação de astros. ....	83
Figura 55 – (a) Recolha de óleos alimentares usados; (b) laboratório de biodiesel. ....	84

## Índice de tabelas

Tabela 1 – Valores da massa e da carga das partículas subatômicas (adaptado de [5]) .....	6
Tabela 2 – Relação entre os números quânticos e as orbitais atômicas [5].....	19
Tabela 3 – Configurações eletrônicas para os elementos do bloco <i>d</i> da 1. <sup>a</sup> série [5] .....	29
Tabela 4 – Números de oxidação dos metais de transição da 1. <sup>a</sup> série [5].....	30
Tabela 5 – Representação dos estados de spin para os iões $\text{Fe}^{2+}$ e $\text{Fe}^{3+}$ .....	48
Tabela 6 – Tabela de registo de cor .....	62
Tabela 7 – Tabela de registo de cor .....	66
Tabela 8 – Informação de segurança sobre o hexacianoferrato (III) de potássio.	67
Tabela 9 – Informação de segurança sobre o citrato de amónio e ferro (III) .....	68
Tabela 10 – Material que compõe o <i>kit</i> .....	70

## Índice de apêndices

Apêndice 1. Manual de instruções para <i>kit</i> de cianótipos.....	103
---	-----

## Índice de anexos

Anexo 1. Procedimento para a preparação da solução reveladora .....	113
Anexo 2. Cartaz de divulgação da “Oficina de cianótipos” .....	115
Anexo 3. Declaração de participação em projetos/ atividades .....	116
Anexo 4. Marcadores de livros .....	117
Anexo 5. Cartazes de divulgação de palestras e <i>workshop</i> .....	118
Anexo 6. Ficha informativa sobre lâmpadas .....	119
Anexo 7. Curiosidades energéticas .....	121
Anexo 8. Ficha base de equipamentos; avaliação energética (excerto) .....	122
Anexo 9. Atividade experimental .....	124
Anexo 10. Certificado de participação .....	125
Anexo 11. Excerto do livro de receitas de cristais .....	126
Anexo 12. Receita de cristais .....	127
Anexo 13. Atividade experimental “fotogramas” .....	128
Anexo 14. Divulgação do prémio na escola .....	129
Anexo 15. Atividades experimentais .....	130
Anexo 16. Atividades experimentais .....	131
Anexo 17. Marcadores de livros .....	133
Anexo 18. Guiões de visitas de estudo .....	134
Anexo 19. Quantidade de óleo alimentar usado.....	136
Anexo 20. Certificado de formação “Química e Qualidade de vida” .....	137
Anexo 21. Certificado de formação “Atividades na sala de aula com a calculadora gráfica e sensores, para o 3.º ciclo do Ensino Básico e para o Secundário.....	138
Anexo 22. Certificado de formação “Astronomia – do Sistema Solar à Origem do Universo” .....	139
Anexo 23. Certificado de formação “Experiências divertidas em Química” .....	140
Anexo 24. Certificado de formação “Perspetivas cognitivas no ensino da Física” .....	141
Anexo 25. Certificado de formação “Didática da Física e da Química” .....	142
Anexo 26. Certificados de participações diversas .....	143
Anexo 27. Certificado formação “Competências digitais (nível 1)” .....	148
Anexo 28. Certificado de formação “Desenvolver e avaliar competências no ensino básico e secundário” .....	149

Anexo 29. Certificado de formação “Projetos Educativos – Organização” .....	150
Anexo 30. Certificado de formação “Projetos Curriculares Flexíveis” .....	151
Anexo 31. Certificado de formação “Gestão das relações interpessoais na escola” .....	152
Anexo 32. Certificado de formação “Projeto Educativo de Escola – instrumento de planeamento e autonomia” .....	153

## Capítulo I - Introdução

### 1.1. Contextualização do relatório

O presente relatório surge no âmbito do Mestrado em Ciências – Formação Contínua de Professores – Área de Especialização em Física e Química, ao abrigo do despacho RT-38/2011, ponto 3, e consiste num relatório sobre a atividade profissional da docente e no desenvolvimento de um tema na área da Química.

### 1.2. Enquadramento do tema escolhido: As transformações químicas e a revelação do azul da prússia no processo da cianotopia

As orientações curriculares de Ciências Físico-Químicas nos três anos do ensino básico organizam-se em torno de quatro temas gerais: *Terra no Espaço*, *Terra em Transformação*, *Sustentabilidade na Terra* e *Viver Melhor na Terra* [1]. Os elementos essenciais das orientações curriculares constituíram a base para a elaboração do documento, recentemente publicado, que apresenta as metas curriculares de Ciências Físico-Químicas que os alunos devem atingir no final do 3.º ciclo do ensino básico [2].

O tema escolhido para este relatório, *As transformações químicas e a revelação do azul da prússia no processo da cianotopia*, insere-se nos conteúdos programáticos do 7.º ano de escolaridade do tema geral “Terra em Transformação” e no subtema “Os Materiais/ Transformações dos materiais”. Pretende-se destacar as reações químicas que ocorrem por ação da luz e que estão envolvidas em processos da revelação de uma imagem.

A promoção e valorização do trabalho experimental, tão importante para o estudo das ciências, constituiu uma estratégia para que a aprendizagem dos alunos seja mais eficaz, pois permite que as aprendizagens sejam consolidadas com maior facilidade e que sejam adquiridas/ aperfeiçoadas competências de trabalho experimental.



O trabalho experimental também permite cativar e suscitar a curiosidade, estando assim abertas as portas para uma aprendizagem mais eficaz e para uma melhor comunicação em ciência.

A atividade experimental “Cianótipo – Revelação do azul da prússia” foi elaborada para ser enquadrada nos conteúdos programáticos do 7.º ano de escolaridade, “Transformações químicas dos materiais”. Por questões que se prendem com a gestão dos conteúdos programáticos, poderá ser realizada no 8.º ano. Com esta atividade o aluno pode associar as transformações químicas à formação de novas substâncias, neste caso, o azul da prússia, e verificar que as substâncias se podem transformar noutras por ação da luz. A atividade também permite que o aluno adquira competências para efetuar trabalho experimental e de impressão em papel fotográfico.

A atividade poderá ser utilizada ainda para organizar uma oficina, aberta a todos os membros da comunidade escolar, de modo a divulgar a química envolvida no processo da cianotopia. O enquadramento histórico também poderá ser explorado, nomeadamente pesquisando sobre a história da descoberta do azul da prússia e do processo da cianotopia, da utilização deste azul como pigmento e quais são as suas atuais aplicações. Esta atividade permitirá assim desenvolver competências de pesquisa bibliográfica específica e aplicar os conhecimentos de língua inglesa durante o processo.

Outras atividades interdisciplinares também poderão ser realizadas. A revelação do azul pode ser aproveitada para registar os trabalhos dos alunos realizados em Ciências Naturais sobre ervas aromáticas, seguindo o exemplo da botânica inglesa Anna Atkins (1799-1871) que utilizou esta técnica para produzir herbários e publicou o primeiro livro de fotografia utilizando a cianotopia. Caso exista um clube de fotografia na escola, poderá ser explorada a técnica da cianotopia como um processo alternativo de impressão fotográfica.

Poderá também ser produzido um *kit* para produção de cianótipos e distribuí-lo por outras escolas, de modo a permitir que um maior número de interessados tenha acesso ao processo e adquira conhecimentos de química.

A atividade experimental poderá ser aplicada também no 12.º ano, utilizando uma exploração mais aprofundada dos conceitos teóricos, integrada no subtema “Metais de transição, complexos e compostos de coordenação e cor” [3].

## Capítulo II - Cianótipos – a química de um azul

### 2.1. Conceitos fundamentais

Neste ponto do relatório será feita uma abordagem aos conceitos que sustentam a explicação para a formação das impressões em azul da prússia, nos cianótipos [4, 5, 6].

#### 2.1.1. Estrutura atômica

Teoria atômica

*“... átomo algum interrompe jamais o seu movimento no vácuo, antes se move sem cessar, empurrando e sendo empurrado*

*Em várias direções, e as suas colisões provocam,*

*Consoante o caso, maior ou menor ressalto.*

*Quando combinados da forma mais densa,*

*A intervalos muito próximos, com o espaço entre si*

*Mais obstruído pelo entrelaçado da figura,*

*Dão-nos a rocha, o diamante, o ferro,*

*Coisas dessa natureza. (Não existem muitas espécies de átomos*

*Que errem, pequenos e solitários, através do vácuo.)*

*(...)*

*Apesar de se encontrarem em constante movimento,*

*O seu todo aparenta absoluta quietude,*

*Salvo, aqui e ali, alguma oscilação particular.*

*A sua natureza está além do alcance dos nossos sentidos,*

*Muito, muito além. Já que não somos capazes de ver*

*As coisas como são na realidade, elas são obrigadas a esconder-nos os seus movimentos,*

*Especialmente porque, mesmo as que conseguimos ver, muitas vezes*

*Nos ocultam também os seus movimentos, quando à distância.*

*Tomemos por exemplo um rebanho a pastar*

*Numa encosta; sabemos que esses animais de caracóis de lã  
Se movimentam para onde quer que os atraia a bela erva,  
Em qualquer lugar onde esta se encontre, ainda cravejada de joias de orvalho  
cintilantes, e que os cordeiros,  
Já saciados, saltam e brincam, brilhando ao sol.  
Tudo isto, porém, visto à distância, é apenas uma mancha azulada  
Esbranquiçada, repousando numa colina verde.”*

Excerto de um poema de Lucrécio (século I a.C.), poeta romano, intitulado “Sobre a Natureza das Coisas” e retirado da obra *De Rerum Natura*, que expõe a teoria atômica [7].

Movido pela curiosidade, o homem desde sempre colocou muitas questões sobre o universo e o mundo, tendo a ciência surgido para dar resposta a essas questões, e sempre mostrou curiosidade em saber como é constituída a matéria, bem como em compreender a estrutura interna dos materiais que constituem todos os corpos.

Hoje sabe-se que a matéria é constituída por átomos, moléculas ou iões, mas diversas teorias foram sendo propostas ao longo do tempo, desde os filósofos na Grécia antiga até às teorias mais modernas iniciadas no século XIX com John Dalton (1766-1844).

A palavra *átomo* (do grego *átomos*, que significa indivisível) foi utilizada pelo filósofo grego Demócrito (século V a.C.), quando propôs uma teoria sobre a constituição da matéria. Para este filósofo, toda a matéria seria constituída por pequeníssimas partículas indivisíveis, em constante movimento, os átomos. Esta teoria, embora não aceite por outros filósofos, constituiu uma referência ao longo dos tempos.

Nos séculos XVII e XVIII foram retomadas as ideias dos atomistas gregos, havendo desenvolvimento neste campo, nomeadamente com trabalhos de Robert Boyle (1627-1691) e Isaac Newton (1642-1727), entre outros cientistas.

Contudo, só no século XIX, Dalton propôs a sua teoria atômica baseada em trabalhos experimentais e que marcou o início da era moderna em Química. Dalton enunciou a sua teoria baseado nas seguintes hipóteses:

- Os elementos são constituídos por partículas muito pequenas chamadas átomos. Todos os átomos de um dado elemento são idênticos, tendo em particular o mesmo tamanho, massa e propriedades químicas. Os átomos de diferentes elementos diferem entre si em pelo menos uma propriedade.
- Os compostos são constituídos por átomos de mais de um elemento. Em qualquer composto, a razão entre o número de átomos de dois elementos constituintes é um número inteiro, ou então uma fração simples.
- Todas as reações químicas consistem na separação, combinação ou rearranjo de átomos, mas nunca na criação ou destruição deles.

Em 1803, Dalton propôs que todos os materiais seriam compostos por pequeníssimas e indivisíveis partículas. Definiu o átomo como sendo a “menor porção de um elemento que pode participar numa combinação química”.

### Estrutura do átomo

A noção de átomo foi evoluindo ao longo dos tempos, tendo para isso contribuído os estudos iniciados no século XIX e que continuaram no século XX e até aos dias de hoje. Podem ser destacados os contributos de Thomson (1856-1940), de Rutherford (1871-1937), de Bohr (1885-1962), James Chadwick (1891-1972), entre outros, que descobriram que o átomo é uma partícula com estrutura interna, não sendo, por isso, uma partícula indivisível.

Em 1897, Jonh Thomson, realizou descargas elétricas em gases. Estas experiências conduziram à ideia da existência de partículas subatômicas de carga elétrica negativa, os eletrões. Este cientista determinou também a carga do eletrão, mais tarde determinada com maior precisão por Robert Millikan (1868-1953).

No início de 1900 eram conhecidas duas coisas, que o átomo continha eletrões e que era eletricamente neutro, sugerindo que um átomo contém igual número de cargas positivas e negativas.

Em 1910, Ernest Rutherford bombardeou folhas de ouro com partículas  $\alpha^1$ , uma experiência que permitiu aprofundar o conhecimento do átomo. O novo

---

<sup>1</sup> Iões hélio com carga positiva +2 (núcleo de um átomo de hélio - 4 com dois prótons e dois neutrões).

modelo previa a existência de um núcleo onde se concentrava toda a carga positiva do átomo, sendo a maior parte do átomo espaço vazio. As partículas positivas no núcleo foram chamadas de prótons.

Em 1932, James Chadwich confirmou experimentalmente a existência dos nêutrons, partículas sem carga elétrica que se encontram no núcleo do átomo.

Estavam assim descobertas as partículas fundamentais constituintes do átomo o que permitiu que ele fosse descrito como “a partícula mais pequena da matéria que caracteriza um elemento químico, constituído por um pequeno núcleo massivo de prótons e nêutrons envoltos numa nuvem de eletrões. Num átomo o número de eletrões é igual ao número de prótons do núcleo. O número de prótons caracteriza um elemento químico” [8].

É no pequeno núcleo, no centro do átomo, que se concentra quase toda a sua massa, uma vez que a massa dos eletrões é muito menor do que a massa dos prótons ou dos nêutrons. Os átomos não têm carga elétrica, são eletricamente neutros, uma vez que o número de prótons é igual ao número de eletrões.

A tabela 1 descreve algumas das propriedades das partículas subatômicas.

Tabela 1 – Valores da massa e da carga das partículas subatômicas (adaptado de [5])

Partícula	Massa		Carga	
	grama (g)	*	Coulomb (C)	Unidade de carga
Elétrão	$9,1095 \times 10^{-28}$	1/1830	$-1,6022 \times 10^{-19}$	-1
Próton	$1,67252 \times 10^{-24}$	1	$+1,6022 \times 10^{-19}$	+1
Nêutron	$1,67495 \times 10^{-24}$	1	0	0

\*Massa relativamente à massa do próton

## Número atômico e número de massa

Todos os átomos podem ser identificados através do número atômico e do número de massa. O número atômico, Z, é o número de prótons existentes no núcleo de um átomo e é o que caracteriza um elemento químico. Como no átomo o número de prótons é igual ao número de eletrões, a partir do número atômico

podemos também saber o número de elétrons do átomo. O número de massa,  $A$ , é o número de prótons e de nêutrons que existem no núcleo de um átomo. Átomos do mesmo elemento químico têm o mesmo número atômico mas podem ter diferente número de nêutrons e neste caso são designados de isótopos.

A representação simbólica de um átomo representado pelo símbolo químico  $X$  pode ser feita do seguinte modo:



### Da Física clássica à teoria quântica

Descobertas as partículas subatômicas novas questões se levantaram na tentativa de desenvolver novos modelos do átomo e de aprofundar o conhecimento da estrutura atômica.

Os átomos, individualmente, têm um comportamento diferente de tudo o que se conhece ao nível macroscópico. Na tentativa de explicar o comportamento dos átomos, desenvolveu-se um novo ramo da Física, a Mecânica Quântica. E por que razão é importante estudar a estrutura atômica? Sabe-se que o comportamento físico e químico da matéria depende do modo como os átomos estabelecem ligações e como se comportam nas reações químicas. A compreensão destas interações passa por compreender o comportamento das partículas que constituem o átomo, nomeadamente o papel que os elétrons desempenham nos processos químicos.

Estudos de diversos cientistas deram um grande contributo para a compreensão do comportamento dos átomos e das moléculas.

### Teoria de Planck e efeito fotoelétrico

Para a compreensão da teoria quântica de Planck, é importante abordar os conceitos de onda e de radiação eletromagnética.

Existem vários tipos de ondas, por exemplo, as ondas sonoras e as luminosas.

Uma onda é uma perturbação vibracional na qual é transmitida energia. É caracterizada por um comprimento de onda,  $\lambda$  (distância entre pontos idênticos

em ondas sucessivas, expressa em metros), por uma frequência,  $\nu$  (número de ondas que passam num determinado ponto por segundo, expressa em hertz) e pela amplitude,  $A$  (o máximo afastamento da onda relativamente à posição de equilíbrio, expressa em metros). A velocidade é outra propriedade das ondas e depende do tipo de onda e da natureza do meio na qual se propaga.

A figura 1 mostra a representação de uma onda, com a indicação do comprimento de onda,  $\lambda$ , e da amplitude,  $A$ .

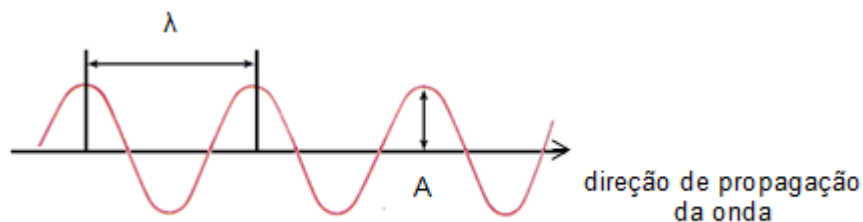


Figura 1– Representação de uma onda (adaptado de [4]).

Em 1873, James Maxwell (1831-1879) concluiu, a partir das suas equações, que o campo elétrico<sup>2</sup> e o campo magnético<sup>3</sup> se propagam como ondas, a uma velocidade de  $3,00 \times 10^8$  m/s, que corresponde à velocidade da luz. Concluiu ainda que a luz era uma onda eletromagnética, com uma componente de campo elétrico e uma componente de campo magnético que se propagam em planos perpendiculares entre si.

A luz passou a ser vista como um fenómeno ondulatório de natureza eletromagnética. A teoria de Maxwell fornece uma descrição matemática para o comportamento geral da luz e descreve como é que a energia sob a forma de radiação se propaga através do espaço. Esta energia é denominada radiação eletromagnética.

A figura 2 mostra o espectro eletromagnético, que é constituído pelos vários tipos de radiação eletromagnética que diferem entre si no comprimento de onda e na frequência. Cada tipo de radiação abrange uma gama específica de comprimentos de onda, geralmente expressos em nanómetros, nm<sup>4</sup>. Quanto maior for a frequência da radiação, mais energética ela é.

<sup>2</sup> Região na qual uma carga elétrica de prova fica sujeita a uma força.

<sup>3</sup> Região que existe em redor de um corpo magnético ou de um condutor percorrido por uma corrente.

<sup>4</sup> 1 nm (nanómetro) =  $1,00 \times 10^{-9}$  m

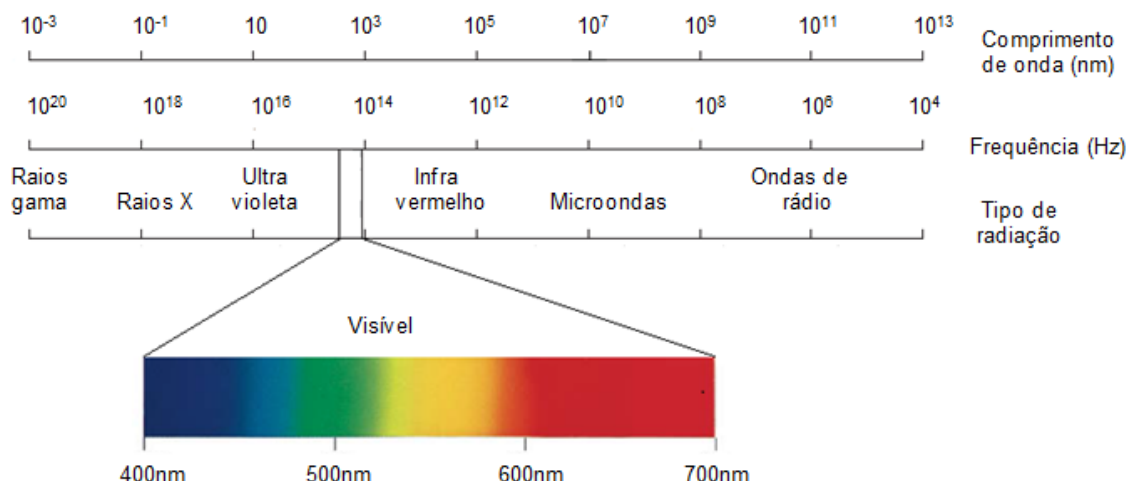


Figura 2 – Espectro eletromagnético (adaptado de [4]).

Max Planck (1858-1947), em 1900, confrontado com resultados experimentais sobre o estudo da radiação emitida por corpos aquecidos a diferentes temperaturas, propôs que a energia emitida por átomos e moléculas apenas podia assumir valores inteiros múltiplos de quantidades bem definidas, ao contrário da física clássica, que admitia que os átomos e moléculas podiam emitir ou absorver qualquer quantidade de energia. O seu trabalho mostrou que a energia apenas pode ser libertada em quantidades bem definidas, os *quanta*. Planck deu o nome de “*quantum*” à mais pequena quantidade de energia que pode ser emitida (ou absorvida) na forma de radiação eletromagnética”. A energia,  $E$ , de um quantum é proporcional à frequência da radiação,  $\nu$ , e é calculada a partir da expressão (1). A constante de proporcionalidade é denominada constante de Planck,  $h$ , e a energia é emitida apenas em múltiplos de  $h\nu$ .

$$E = h\nu \quad (1)$$

com  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$

Planck não sabia, contudo, explicar por que razão a energia assume valores fixos e quantificados.

Em 1905, Albert Einstein (1879-1955) usou a Teoria de Planck para explicar o efeito fotoelétrico, que é um fenómeno em que “os eletrões são



ejetados da superfície de certos metais expostos à radiação desde que esta tenha, pelo menos, uma determinada frequência mínima, a frequência limiar”. O número de elétrons ejetados era proporcional à intensidade da radiação, o mesmo não se verificando com a sua energia.

Para explicar este fenómeno, que não podia ser explicado pela teoria ondulatória da luz, Einstein sugeriu que se pensasse num raio de luz não como uma onda, mas sim como um feixe de partículas, os fótons. Usando a teoria de Planck, Einstein deduziu que cada fóton possuía uma energia,  $E$ , dada pela expressão (1), sendo  $\nu$  é a frequência da luz e  $h$  a constante de Planck.

$$E = h\nu \quad (1)$$

Os elétrons estão ligados a um metal por forças atrativas. Para a sua remoção, é necessário luz com frequência suficientemente elevada.

Incidir um raio de luz na superfície de um metal é equivalente a disparar fótons (partículas) sobre os átomos do metal. Se a frequência dos fótons for tal que  $h\nu$  seja igual à energia que prende os elétrons no metal, a luz tem energia suficiente para libertar os elétrons. Se a frequência for mais elevada, há remoção dos elétrons que ficam com a energia em excesso sob a forma de energia cinética. Quanto mais energético for o fóton, maior será a energia cinética do elétron ejetado. Quanto maior for a intensidade da luz, maior é o número de elétrons ejetados.

A teoria de Einstein permitiu explicar o efeito fotoelétrico, no entanto, esta teoria corpuscular não era consistente com o comportamento ondulatório da luz. A melhor solução era aceitar que a luz se comporta quer como uma onda, quer como um feixe de partículas, ou seja, possui propriedades ondulatórias e corpusculares. Esta dualidade, que demorou muito tempo a ser aceite, não é específica da luz mas também das partículas subatômicas, nomeadamente os elétrons, como mais à frente será referido.

## Espetros de emissão

Desde o século XVII, quando Isaac Newton (1642-1727) decompôs a luz branca nas diferentes cores, que se estudavam os espetros de emissão –

espectros contínuos e de riscas da radiação emitida pelas substâncias. O espectro de emissão de uma substância pode ser obtido fornecendo-lhe energia, por exemplo sob a forma de energia térmica ou elétrica.

A figura 3 representa dois espectros. O espectro contínuo, (a), é aquele que mostra uma gama variada e ininterrupta de cores. A lâmpada de incandescência e um metal ao rubro podem constituir exemplos de espectros contínuos na região do visível. Os espectros de emissão dos átomos em fase gasosa não apresentam uma gama contínua de comprimento de onda do azul ao violeta, os átomos emitem luz apenas com comprimento de onda específico. São chamados os espectros de riscas ou descontínuos, (b), pois aparecem riscas brilhantes nos espectros. Cada elemento químico tem um espectro de emissão próprio e que pode constituir uma “impressão digital” para esse elemento. As lâmpadas de vapor de sódio são um exemplo de espectros descontínuos no visível.



Figura 3 – (a) Representação de um espectro de emissão contínuo e (b) de um espectro de riscas.

### Teoria de Bohr e o átomo de hidrogénio

O átomo de hidrogénio é o átomo mais simples que existe. Tubos com hidrogénio gasoso sujeitos a descargas elétricas emitem radiação. A observação pormenorizada da decomposição dessa luz, ou seja, do seu espectro de emissão, fornece informações sobre a estrutura atômica. A figura 4 representa o espectro para o átomo de hidrogénio.

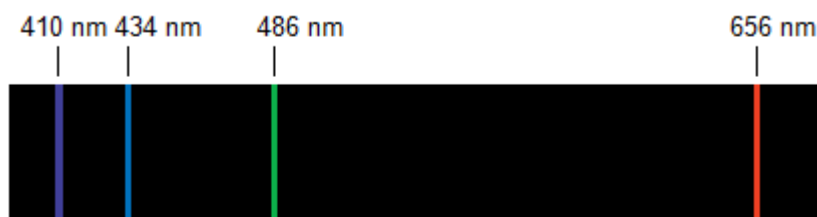


Figura 4 – Espectro do átomo de hidrogénio na região do visível (adaptado de [9]).

O espectro de hidrogénio é descontínuo. Observam-se, em particular, uma risca vermelha, uma azul, uma anil e uma violeta, por ordem crescente da energia emitida. A proximidade entre as riscas vai diminuindo à medida que a energia aumenta.

Neils Bohr (1885-1962), em 1913, propôs uma teoria da estrutura atômica que permitia explicar os espectros de riscas e introduziu conceitos novos que conduziram ao modelo atual. Segundo Bohr, os eletrões moviam-se em órbitas eletrónicas circulares bem definidas em torno do núcleo, mas impôs a seguinte restrição: a existência de estados fixos de energia para o eletrão – estados estacionários. O eletrão nunca poderá ter valores de energia que se situem entre esses estados estacionários. Diz-se por isso que a energia do eletrão no átomo está quantificada. Para que seja possível o eletrão transitar entre níveis de energia, tem que haver emissão ou absorção de energia. Quando há absorção de energia por parte do átomo o eletrão passa para um estado estacionário de energia superior; quando o eletrão passa para um nível de energia inferior o átomo emite radiação na forma de um fotão.

A figura 5 representa a transição de um eletrão duma órbita de energia mais elevada para uma de menor energia com libertação de um fotão de energia  $h\nu$ .

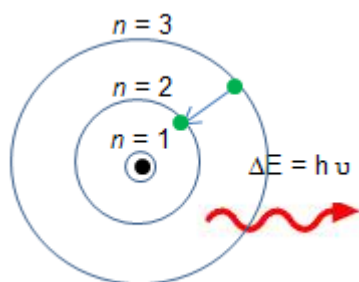


Figura 5 – Transição de um eletrão entre níveis de energia (adaptado de [4]).

Bohr mostrou que as energias que um eletrão num átomo de hidrogénio pode ter são dadas por:

$$E_n = - R_H \left( \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

com  $R_H = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$  (constante de Rydeberg) e  $n$  o número quântico principal.

Para um processo de emissão num átomo de hidrogénio, a energia emitida num fotão corresponde à diferença das energias entre dois níveis de energia no átomo:

$$\Delta E = E_f - E_i \quad (3)$$

ou

$$\Delta E = h\nu = R_H \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) \quad (4)$$

sendo  $n_i$  o estado de energia inicial e  $n_f$  o estado de energia final.

Quando um fotão é emitido  $n_i > n_f$  e  $\Delta E < 0$ , quando é absorvida energia  $n_i < n_f$  e  $\Delta E > 0$ .

Como explicar então as riscas nos espetros? As descargas elétricas excitam os eletrões do átomo passando estes para estados de energia superiores. Ao regressar aos níveis de energia mais baixos os eletrões emitem radiação de energia correspondente à transição que está a ocorrer. A emissão de várias riscas corresponde às transições possíveis que ocorrem entre os níveis de energia.

A figura 6 representa as transições eletrónicas para um átomo de hidrogénio no estado excitado.

O valor de  $n$  varia de 1 a  $\infty$ . O nível de energia mais baixo,  $n = 1$ , é chamado de estado fundamental. Os níveis seguintes são de maior energia (mas não uma energia qualquer), sendo a energia do eletrão, por convenção, igual a zero quando está infinitamente afastado do núcleo. O sinal negativo no valor das energias resulta dessa convenção. Os estados de maior energia correspondem a estados excitados e são estados mais instáveis. As linhas de emissão na região do ultravioleta resultam das transições de níveis de energia mais elevados para  $n = 1$ ; as linhas de emissão na região do visível ocorrem para transições de valores de  $n > 2$  para  $n = 2$ ; a emissão de radiação infravermelha resulta de transições para  $n > 3$  ou  $n > 4$  para o nível  $n = 3$  ou  $n = 4$ .

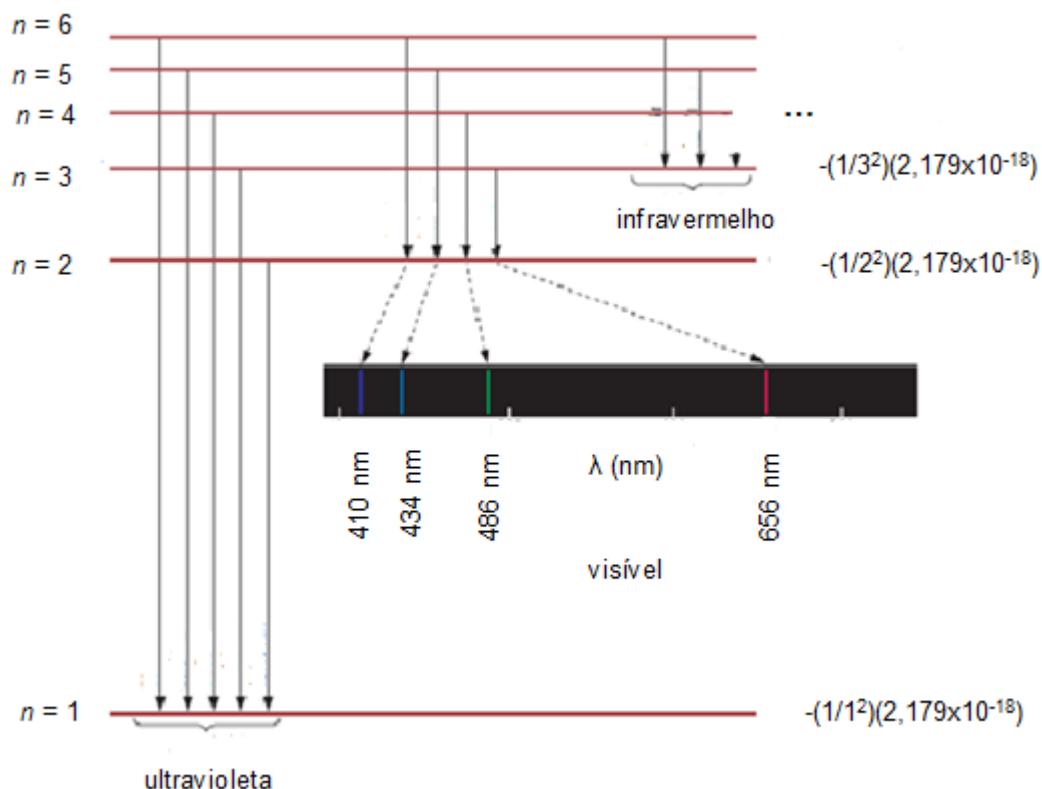


Figura 6 – Transições eletrônicas para um átomo de hidrogênio (adaptado de [9]).

### Dualidade da natureza do elétron

A teoria de Bohr suscitou muita perplexidade entre os físicos e nem mesmo Bohr deu uma solução que explicasse a órbita do elétron em torno do núcleo.

Em 1924, Louis de Broglie (1898-1972) sugeriu que, se as ondas de luz se podem comportar como um feixe de partículas (fotões), talvez os elétrons possam possuir propriedades ondulatórias. Segundo de Broglie um elétron comporta-se como uma onda estacionária. Se um elétron se comporta como uma onda no átomo de hidrogênio, o comprimento da onda tem que se ajustar exatamente à circunferência da órbita conforme mostra a figura 7, caso contrário a onda seria parcialmente anulada em órbitas sucessivas e deixaria de existir. A relação entre o perímetro de uma órbita permitida,  $2\pi r$ , e o comprimento de onda,  $\lambda$ , é dada por

$$2\pi r = n\lambda \quad (5)$$

sendo  $r$  o raio da órbita,  $\lambda$  o comprimento de onda do elétron e  $n$  um número inteiro ( $n = 1, 2, 3 \dots$ ). Sendo  $n$  um número inteiro,  $r$  pode apenas assumir valores bem definidos e como a energia do elétron depende de  $r$  o seu valor tem que estar quantificado.

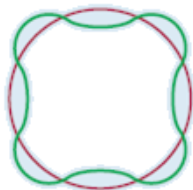


Figura 7 – Representa uma órbita permitida, em que o perímetro da órbita é igual a um número inteiro de comprimento de onda (adaptado de [4]).

A partir desta ideia, de Broglie concluiu que as ondas se podem comportar como partículas e as partículas podem apresentar propriedades das ondas, e deduziu a relação entre as propriedades corpusculares e ondulatórias, representada pela expressão:

$$\lambda = \frac{h}{mv} \quad (6)$$

sendo  $\lambda$  o comprimento de onda associado à partícula em movimento,  $m$  a massa da partícula,  $v$  a velocidade da partícula e  $h$  a constante de Planck.

A equação de Broglie pode ser aplicada a diversos sistemas, no entanto, as propriedades ondulatórias apenas se tornam observáveis em objetos microscópicos, pelo facto do valor da constante de Planck ser muito pequeno.

Depois de de Broglie ter deduzido esta expressão, vários cientistas demonstraram que os elétrons têm propriedades ondulatórias.

### O modelo da mecânica quântica

Nos anos 20 constatou-se que o modelo de Bohr continha algumas limitações, não explicava, por exemplo, os espectros de emissão de átomos com mais do que um elétron nem o aparecimento de novas riscas no espectro de emissão do átomo de hidrogénio por aplicação de um campo magnético. Com a

descoberta das propriedades ondulatórias dos elétrons surgiu também o problema em como descrever a localização de uma partícula subatômica que se comporta como uma onda. Werner Heisenberg (1901-1976) formulou o “princípio da incerteza de Heisenberg - é impossível conhecer simultaneamente e com exatidão o momento linear,  $p$  (definido como a massa  $\times$  velocidade), e a posição de uma partícula” que ajudou a resolver este problema. Este princípio é dado pela equação:

$$\Delta x \Delta p \geq \frac{h}{4\pi} \quad (7)$$

em que  $\Delta x$  representa a incerteza na medição da posição,  $\Delta p$  representa a incerteza na medição do momento e  $h$  a constante de Planck.

A partir da equação 7 verifica-se que, se a posição da partícula for conhecida com precisão, o conhecimento do momento será menos preciso e vice-versa.

Para um átomo de hidrogénio, e aplicando este princípio da incerteza de Heisenberg, verifica-se que o elétron não se move à volta do núcleo segundo uma trajetória bem definida, como sugeria Bohr, pois se assim fosse seria possível determinar com precisão e em simultâneo a posição do elétron (a partir do raio da órbita) e o seu momento (a partir da sua energia cinética), o que contradiz o princípio da incerteza.

As contribuições dadas por Bohr para a compreensão dos átomos foram muito significativas permanecendo válida a ideia de que a energia do elétron no átomo está quantificada. Contudo, a sua teoria não descreve completamente o comportamento eletrónico nos átomos e os cientistas sentiram a necessidade de propor uma nova abordagem.

Erwin Schrödinger (1887-1961), em 1926, aplicando cálculos avançados de matemática, formulou uma equação que descreve o comportamento e as energias de partículas submicroscópicas. A equação descreve, simultaneamente, o comportamento corpuscular, em termos da massa,  $m$ , e o comportamento ondulatório, em termos de uma função de onda,  $\psi$ .

A partir de uma analogia com a teoria ondulatória, surgiu a ideia de que a probabilidade de encontrar o elétron numa certa região do espaço é proporcional

ao quadrado da função de onda,  $\psi^2$ , sendo que existe maior probabilidade de encontrar o elétron em zonas mais próximas do núcleo.

Embora não seja possível determinar com exatidão a posição de um elétron num átomo existe uma região onde a probabilidade de o encontrar é maior. A “probabilidade do elétron se encontrar numa determinada região do átomo, é dada pela densidade eletrónica” e o quadrado da função de onda define a distribuição da densidade eletrónica no espaço à volta do núcleo. Existe maior probabilidade do elétron se encontrar nas regiões onde a densidade eletrónica é maior.

O modelo de Bohr considerava o elétron a mover-se em órbitas circulares. Hoje sabe-se que os eletrões não descrevem órbitas fixas à volta do núcleo e é errado associar-lhes uma trajetória, sendo mais correto falar em probabilidade de localização.

O conceito de orbita foi substituído pelo conceito de orbital atómica, que pode ser entendida como a função de onda de um elétron num átomo. Dizer que um elétron se encontra numa orbital, significa que a distribuição da densidade eletrónica ou a probabilidade de localizar o elétron é descrita pelo quadrado da função de onda que está associada a essa orbital. Uma orbital atómica tem uma energia e distribuição características.

A equação de Schrödinger funciona muito bem para o átomo de hidrogénio o mesmo não acontecendo para átomos polieletrónicos. No entanto, apesar do comportamento dos eletrões de átomos polieletrónicos não ser o mesmo que no átomo de hidrogénio, considera-se que a diferença não será muito grande, pelo que as funções de onda para os átomos de hidrogénio podem constituir boas aproximações para átomos mais complexos.

## Números quânticos

Para descrever a distribuição dos eletrões nos átomos, a mecânica quântica utiliza três números quânticos, que resultam da solução matemática da equação de Schrödinger. São eles o número quântico principal –  $n$ , o número quântico de momento angular –  $\ell$ , e o número quântico magnético –  $m_\ell$ . Estes números quânticos permitem descrever as orbitais atómicas e caracterizar os eletrões que nelas se encontram. Para completar a descrição dos eletrões no



átomo existe um outro número quântico denominado número quântico de spin –  $m_s$ .

O número quântico principal,  $n$ , está relacionado com a energia do eletrão. Este número só pode tomar valores inteiros:  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$ , sendo  $n = 1$  o nível de mais baixa energia.

O número quântico principal também está relacionado com a distância média do eletrão ao núcleo numa determinada orbital, logo, quanto maior for  $n$  maior é a orbital.

O número quântico momento angular,  $\ell$ , relaciona-se com a forma da orbital. Pode tomar valores inteiros que vão de 0 até  $n - 1$ :  $\ell = 0, 1, 2, \dots (n - 1)$ . Por exemplo: para  $n = 1$ ,  $\ell = 0$ ; para  $n = 2$ ,  $\ell = 0$  e 1; para  $n = 3$ ,  $\ell = 0, 1$  e 2.

O valor de  $\ell$  é geralmente designado pelas letras  $s, p, d, f, \dots$

$\ell$	0	1	2	3
Designação da orbital	$s$	$p$	$d$	$f$

Um conjunto de orbitais com o mesmo valor de  $n$  pode ser designado por camada; uma ou mais orbitais com os mesmos valores de  $n$  e  $\ell$  pode ser designado por subcamada. Exemplo: para a camada  $n = 2$ , existem duas subcamadas,  $\ell = 0$  e  $\ell = 1$  (ou orbitais  $2s$  e  $2p$ )

O número quântico magnético,  $m_\ell$ , indica a orientação da orbital no espaço. Este número quântico assume valores inteiros que vão desde  $-\ell$  até  $+\ell$ . Por exemplo: para  $\ell = 1$  (orbital  $p$ ),  $m_\ell$  pode ser -1, 0 ou +1, correspondendo a três orbitais distintas que se orientam ao longo dos eixos coordenados  $x, y$  e  $z$ .

O número quântico de spin,  $m_s$ , permite completar a descrição do eletrão no átomo. Considerando que os eletrões se comportam como pequenos ímanes, pode explicar o facto de as riscas num espectro de emissão poderem ser desdobradas por aplicação de um campo magnético externo. Para ter em conta o movimento giratório do eletrão, usa-se o número quântico de spin que tem os valores de  $+\frac{1}{2}$ ,  $-\frac{1}{2}$  correspondentes aos dois spins possíveis.

A relação entre os números quânticos e as orbitais atómicas descreve-se na tabela 2. Uma subcamada  $s$  tem uma orbital, uma subcamada  $p$  tem três orbitais, uma subcamada  $d$  tem cinco orbitais.

Tabela 2 – Relação entre os números quânticos e as orbitais atômicas [5]

$n$	$\ell$	Designação da orbital	$m_\ell$	N.º de orbitais
1	0	1s	0	1
2	0	2s	0	1
	1	2p (2p <sub>x</sub> , 2p <sub>y</sub> , 2p <sub>z</sub> )	-1, 0, 1	3
3	0	3s	0	1
	1	3p (3p <sub>x</sub> , 3p <sub>y</sub> , 3p <sub>z</sub> )	-1, 0, 1	3
	2	3d (3d <sub>xy</sub> , 3d <sub>yz</sub> , 3d <sub>xz</sub> , 3d <sub>z<sup>2</sup></sub> , 3d <sub>x<sup>2</sup>-y<sup>2</sup></sub> )	-2, -1, 0, 1, 2	5
4	0	4s	0	1
	1	4p (...)	-1, 0, 1	3
	2	4d (...)	-2, -1, 0, 1, 2	5
	3	4f (...)	-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3	7

### Forma das orbitais

Uma orbital não tem uma forma bem definida, pois a função de onda que a descreve vai do núcleo até ao infinito. Contudo, é muito útil pensar nas orbitais como tendo uma forma, pois ajuda, por exemplo, a perceber como se formam as ligações químicas.

#### Orbital s

Não sendo possível saber com exatidão a posição do eletrão no átomo sabe-se que perto do núcleo é maior a probabilidade de o encontrar. A densidade eletrónica de uma orbital 1s num átomo de hidrogénio decresce à medida que aumenta a distância ao núcleo e há cerca de 90% de probabilidade de encontrar o eletrão numa zona esférica centrada no núcleo. Tal facto permite traçar um “diagrama de superfície fronteira” que engloba cerca de 90% da densidade eletrónica. Na figura 8 está representado o gráfico da densidade eletrónica para a orbital 1s em função da distância ao núcleo (a), bem como o diagrama de superfície fronteira para a mesma orbital (b).

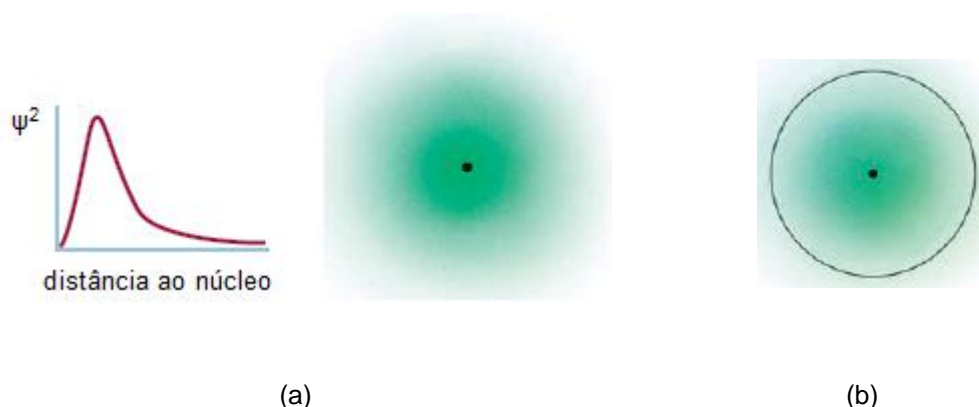


Figura 8 – (a) Densidade eletrônica para a orbital  $1s$  do átomo de hidrogênio em função da distância ao núcleo; (b) diagrama de superfície fronteira para a orbital  $1s$  do átomo de hidrogênio (adaptado de [4]).

Representar uma orbital  $1s$  através do diagrama de superfície fronteira da figura 8 (b) sugere que a orbital possa ser representada de forma esférica, conforme mostra a figura 9, em que cada esfera contém cerca de 90% da densidade eletrônica. As orbitais  $s$  são esféricas e o seu tamanho aumenta à medida que aumenta o número quântico principal.

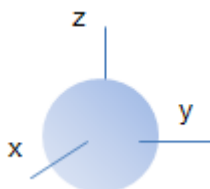


Figura 9 – Diagrama de superfície fronteira para a orbital  $1s$  do átomo de hidrogênio (adaptado de [4]).

## Orbitais $p$

Já foi referido que quando o número quântico momento angular,  $\ell$ , é igual a 1, o número quântico magnético,  $m_\ell$ , pode ter os valores de -1, 0 e +1, daí existirem três orbitais  $p$ , representadas na figura 10 através dos diagramas de superfície fronteira. Nas três orbitais  $p$ :  $p_x$ ,  $p_y$  e  $p_z$ , as letras nos índices indicam os eixos segundo os quais as órbitas estão orientadas. São idênticas na dimensão,

forma e energia, apenas diferindo na orientação. Cada orbital  $p$  pode ser vista como dois lóbulos com um plano nodal que passa pelo núcleo (por exemplo, o plano nodal da orbital  $p_x$  é o plano  $yz$ ). O plano nodal divide a orbital a meio e representa uma zona de densidade eletrónica nula. As orbitais  $p$  aumentam de tamanho à medida que aumenta o número quântico principal.

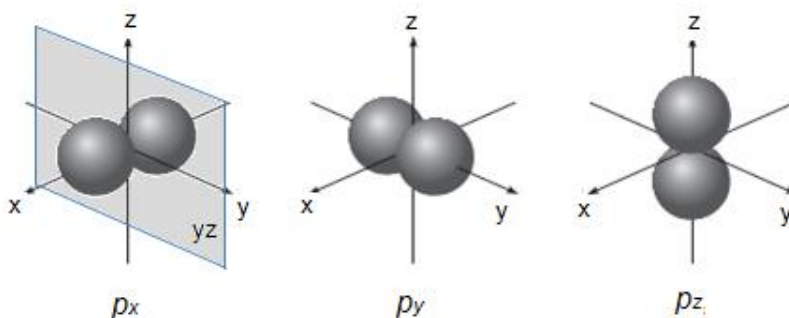


Figura 10 – Diagramas de superfície fronteira para as três orbitais  $p$  (adaptado de [4]).

### Orbitais $d$

Quando  $\ell$  é igual a 2, existem cinco valores possíveis para  $m\ell$ , que correspondem a cinco orbitais  $d$ , representadas na figura 11 através dos diagramas de superfície fronteira. Existem cinco orbitais  $d$ :  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{xz}$ ,  $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{z^2}$ ; a orbital  $d_{xy}$  tem quatro lóbulos, cada um localizado entre os eixos  $x$  e  $y$ ; as orbitais  $d_{yz}$  e  $d_{xz}$  têm também quatro lóbulos, localizados entre os eixos  $y$  e  $z$  e entre os eixos  $x$  e  $z$ , respetivamente; a orbital  $d_{x^2-y^2}$  tem quatro lóbulos mas orientados de modo a que os eixos  $x$  e  $y$  passam exatamente pelo centro dos lóbulos; a orbital  $d_{z^2}$  possui um par de lóbulos apontados ao longo do eixo do  $z$  e um “disco” no meio, entre os dois lóbulos.

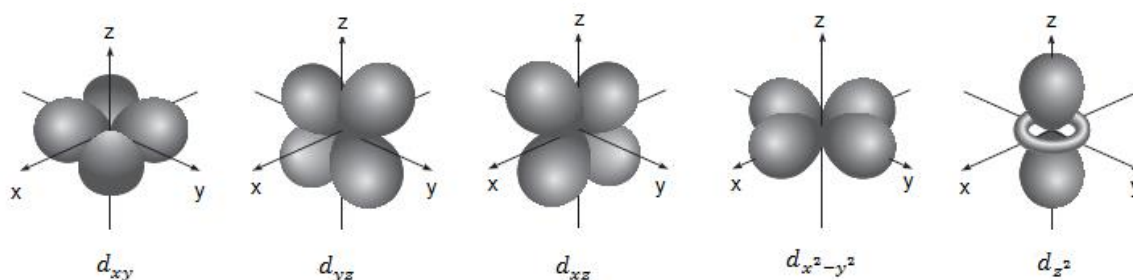


Figura 11 – Diagramas de superfície fronteira para as cinco orbitais  $d$  [4].

## Configuração eletrônica

De modo a determinar a distribuição dos elétrons nos átomos é fundamental conhecer as energias relativas das orbitais atômicas.

A energia de um elétron num átomo de hidrogénio é determinada somente pelo seu número quântico principal,  $n$ . O mesmo não acontece para átomos polieletrónicos, em que o nível de energia depende do número quântico principal,  $n$ , e também do número quântico de momento angular,  $\ell$ . A energia total de um átomo não depende só das energias das orbitais mas também das repulsões entre os elétrons nessas orbitais. A distribuição dos elétrons num átomo polieletrónico pode ser compreendida observando as orbitais atômicas onde se encontram. Para estes átomos a orbital  $3d$  está muito perto da  $4s$ . A energia total de um átomo é inferior quando a orbital  $4s$  é preenchida antes das orbitais  $3d$ .

As figuras 12 e 13 representam, respetivamente, os níveis energéticos das orbitais num átomo polieletrónico e a ordem de preenchimento das orbitais eletrónicas num átomo polieletrónico sendo essa ordem:  $1s$ ,  $2s$ ,  $2p$ ,  $3s$ ,  $3p$ ,  $4s$ ,  $3d$ , .... O esquema da figura 13 é de grande utilidade para não esquecer a ordem pela qual as orbitais são preenchidas com os elétrons.

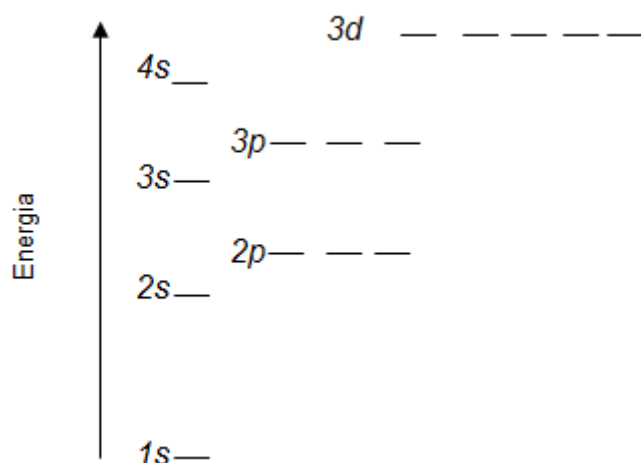


Figura 12 – Representa os níveis energéticos das orbitais num átomo polieletrónico (adaptado de [4]).

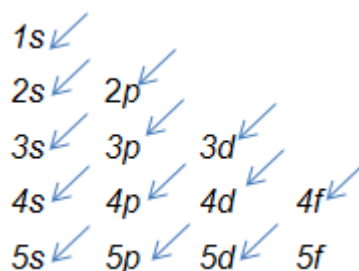


Figura 13 – Representa a ordem de preenchimento das orbitais eletrônicas num átomo polieletrônico (adaptado de [4]).

O conhecimento da configuração eletrônica é muito importante para prever as propriedades dos elementos e a sua organização na Tabela Periódica. Seguem-se as regras gerais de escrita de configurações eletrônicas.

A primeira regra estabelece que os elétrons devem ser distribuídos nas orbitais iniciando-se o preenchimento pela orbital de menor energia.

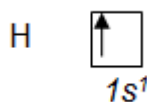
Exemplo 1.

Para H ( $Z = 1$ )

$1s^1$

em que 1 representa o número quântico principal,  $n$ ,  $s$  representa o número quântico de momento angular,  $\ell$ , e o expoente 1 indica o número de elétrons na orbital.

Também pode ser utilizado um diagrama orbital, que constitui uma representação muito útil. A orbital  $s$  é apresentada por um diagrama, as orbitais  $p$  por três diagramas e as orbitais  $d$  por cinco diagramas. A seta dentro do diagrama representa um dos possíveis movimentos de spin do elétron.

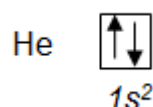


Para átomos que possuam mais do que um elétron deve-se preencher completamente as orbitais de menor energia e só depois se passa para a orbital de energia seguinte. Ao fazer o preenchimento das orbitais deve-se obedecer ao princípio da Exclusão de Pauli – nenhum par de elétrons num átomo pode ter os

quatro números quânticos iguais, ou seja, na mesma orbital só podem existir dois elétrons com spins opostos.

Exemplo 2.

Para He ( $Z = 2$ )



Para este exemplo  $m_s = +\frac{1}{2}$  para um elétron e  $m_s = -\frac{1}{2}$  para o outro elétron.

Para átomos polieletrônicos deve obedecer-se à regra de Hund – o arranjo mais estável dos elétrons em subcamadas é aquele que contém o maior número de spins paralelos.

Exemplo 3.

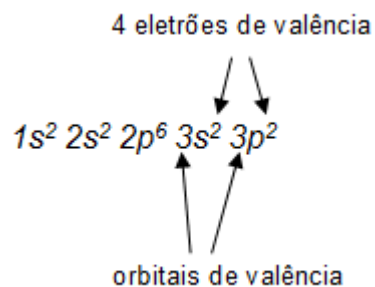
Para C ( $Z = 6$ )



Os elétrons de valência são os elétrons exteriores de um átomo que se encontram no nível de energia maior e são os que estão envolvidos nas reações químicas. A orbital de valência é a orbital onde se encontram os elétrons de valência.

Exemplo 4.

Para Si ( $Z = 14$ ) a configuração eletrônica é:



### 2.1.2. Elementos químicos e Tabela Periódica

Mais de metade dos elementos químicos atualmente conhecidos foram descobertos entre 1800 e 1900.

A partir do século XIX vários cientistas tentaram organizar os elementos de acordo com as suas propriedades. Foi o químico russo Dmitri Mendeleev (1839-1909) que organizou pela primeira vez os elementos químicos numa tabela com base nas semelhanças e nas regularidades das propriedades químicas e físicas das substâncias. Ao longo do tempo os químicos foram reformulando a Tabela Periódica, adicionando novos elementos e novos dados, à medida que foram sendo descobertos.

Na Tabela Periódica atual os elementos estão organizados por ordem crescente do seu número atômico, em colunas verticais, os grupos, numerados de 1 a 18, e em linhas horizontais, os períodos, numerados de 1 a 7<sup>5</sup>. Os elementos do mesmo grupo ou família apresentam propriedades químicas semelhantes e alguns destes grupos têm designações próprias, como é, por exemplo, o caso dos elementos do grupo 1, designados de metais alcalinos.

Os elementos podem ser divididos em metais, não-metais ou semimetais, conforme mostra a figura 14. Da esquerda para a direita, ao longo de um período, as propriedades químicas e físicas dos elementos variam gradualmente de metálicas para não metálicas. A maior parte dos elementos que existe na natureza são metais. Na Tabela Periódica da figura 14 estão representados os elementos químicos através do respetivo símbolo químico com o número atômico em cima.

---

<sup>5</sup> Numeração dos grupos e dos períodos segundo a IUPAC, União Internacional de Química Pura e Aplicada.



1																	18	
1	H	2											13	14	15	16	17	He
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg							

58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Figura 14 – Organização da Tabela Periódica em metais, não metais e semimetais (adaptado de [4]).

A organização dos elementos na Tabela Periódica é um grande contributo para o conhecimento científico e é de grande utilidade, pois permite conhecer as propriedades gerais dos elementos químicos pertencentes a determinado grupo ou período e, a partir daí, prever as propriedades de qualquer outro elemento químico.

Muitas das propriedades dos elementos químicos estão relacionadas com a sua configuração eletrônica e a reatividade dos elementos é, em grande parte, determinada pelo número de elétrons de valência que os seus átomos possuem. A figura 15 mostra uma Tabela Periódica onde estão representadas as configurações eletrônicas da camada mais externa do átomo.

De acordo com a orbital em preenchimento, os elementos podem ainda classificar-se nas seguintes categorias: elementos representativos, metais de transição, gases nobres, lantanídeos e actinídeos. Os elementos representativos são os elementos dos blocos  $s$  e  $p$ ; os gases nobres são os elementos do grupo 18 e têm a orbital  $s$ , no caso do Hélio, e a orbital  $p$ , no caso dos restantes

elementos, completamente preenchida; os metais de transição pertencem ao bloco *d*; os lantanídeos e actinídeos pertencem ao bloco *f*.

Ao observar as configurações eletrônicas ao longo de um grupo, verifica-se a existência de um padrão. Todos os elementos do grupo 1 apresentam configurações eletrônicas da camada exterior semelhantes. Esta semelhança na camada exterior é o que determina que os elementos do mesmo grupo apresentem propriedades químicas semelhantes, com algumas exceções. Esta observação é válida para outros elementos representativos e para os gases nobres. Nos elementos de transição a configuração eletrônica das camadas exteriores não é sempre a mesma dentro do mesmo grupo e não existe um padrão regular na variação da configuração eletrônica ao longo do período. Contudo, os metais de transição têm características que os distinguem dos outros elementos, conforme mais à frente se faz referência.

H 1s <sup>1</sup>																	He 1s <sup>2</sup>
Li 2s <sup>1</sup>	Be 2s <sup>2</sup>											B 2s <sup>2</sup> 2p <sup>1</sup>	C 2s <sup>2</sup> 2p <sup>2</sup>	N 2s <sup>2</sup> 2p <sup>3</sup>	O 2s <sup>2</sup> 2p <sup>4</sup>	F 2s <sup>2</sup> 2p <sup>5</sup>	Ne 2s <sup>2</sup> 2p <sup>6</sup>
Na 3s <sup>1</sup>	Mg 3s <sup>2</sup>											Al 3s <sup>2</sup> 3p <sup>1</sup>	Si 3s <sup>2</sup> 3p <sup>2</sup>	P 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>	S 3s <sup>2</sup> 3p <sup>4</sup>	Cl 3s <sup>2</sup> 3p <sup>5</sup>	Ar 3s <sup>2</sup> 3p <sup>6</sup>
K 4s <sup>1</sup>	Ca 4s <sup>2</sup>	Sc 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>	Ti 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>	V 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>	Cr 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup>	Mn 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>	Fe 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>	Co 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>	Ni 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>	Cu 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup>	Zn 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>	Ga 4s <sup>2</sup> 4p <sup>1</sup>	Ge 4s <sup>2</sup> 4p <sup>2</sup>	As 4s <sup>2</sup> 4p <sup>3</sup>	Se 4s <sup>2</sup> 4p <sup>4</sup>	Br 4s <sup>2</sup> 4p <sup>5</sup>	Kr 4s <sup>2</sup> 4p <sup>6</sup>
Rb 5s <sup>1</sup>	Sr 5s <sup>2</sup>	Y 5s <sup>2</sup> 4d <sup>1</sup>	Zr 5s <sup>2</sup> 4d <sup>2</sup>	Nb 5s <sup>1</sup> 4d <sup>4</sup>	Mo 5s <sup>1</sup> 4d <sup>5</sup>	Tc 5s <sup>2</sup> 4d <sup>5</sup>	Ru 5s <sup>1</sup> 4d <sup>7</sup>	Rh 5s <sup>1</sup> 4d <sup>8</sup>	Pd 4d <sup>10</sup>	Ag 5s <sup>1</sup> 4d <sup>10</sup>	Cd 5s <sup>2</sup> 4d <sup>10</sup>	In 5s <sup>2</sup> 5p <sup>1</sup>	Sn 5s <sup>2</sup> 5p <sup>2</sup>	Sb 5s <sup>2</sup> 5p <sup>3</sup>	Te 5s <sup>2</sup> 5p <sup>4</sup>	I 5s <sup>2</sup> 5p <sup>5</sup>	Xe 5s <sup>2</sup> 5p <sup>6</sup>
Cs 6s <sup>1</sup>	Ba 6s <sup>2</sup>	La 6s <sup>2</sup> 5d <sup>1</sup>	Hf 6s <sup>2</sup> 5d <sup>2</sup>	Ta 6s <sup>2</sup> 5d <sup>3</sup>	W 6s <sup>2</sup> 5d <sup>4</sup>	Re 6s <sup>2</sup> 5d <sup>5</sup>	Os 6s <sup>2</sup> 5d <sup>6</sup>	Ir 6s <sup>2</sup> 5d <sup>7</sup>	Pt 6s <sup>1</sup> 5d <sup>9</sup>	Au 6s <sup>1</sup> 5d <sup>10</sup>	Hg 6s <sup>2</sup> 5d <sup>10</sup>	Tl 6s <sup>2</sup> 6p <sup>1</sup>	Pb 6s <sup>2</sup> 6p <sup>2</sup>	Bi 6s <sup>2</sup> 6p <sup>3</sup>	Po 6s <sup>2</sup> 6p <sup>4</sup>	At 6s <sup>2</sup> 6p <sup>5</sup>	Rn 6s <sup>2</sup> 6p <sup>6</sup>
Fr 7s <sup>1</sup>	Ra 7s <sup>2</sup>	Ac 7s <sup>2</sup> 6d <sup>1</sup>	Rf 7s <sup>2</sup> 6d <sup>2</sup>	Db 7s <sup>2</sup> 6d <sup>3</sup>	Sg 7s <sup>2</sup> 6d <sup>4</sup>	Bh 7s <sup>2</sup> 6d <sup>5</sup>	Hs 7s <sup>2</sup> 6d <sup>6</sup>	Mt 7s <sup>2</sup> 6d <sup>7</sup>	Ds 7s <sup>2</sup> 6d <sup>8</sup>	Rg 7s <sup>2</sup> 6d <sup>9</sup>		7s <sup>2</sup> 7p <sup>1</sup>	7s <sup>2</sup> 7p <sup>2</sup>	7s <sup>2</sup> 7p <sup>3</sup>	7s <sup>2</sup> 7p <sup>4</sup>	7s <sup>2</sup> 7p <sup>5</sup>	7s <sup>2</sup> 7p <sup>6</sup>

Figura 15 – Excerto da Tabela Periódica com as configurações eletrônicas da camada de valência (adaptado de [4]).

Uma outra representação usual da Tabela Periódica é o agrupamento dos elementos em blocos, de acordo com a orbital em preenchimento, conforme mostra a figura 16.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg							

Bloco *s*

Bloco *d*

Bloco *p*

Bloco *f*

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cr	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Figura 16 – Organização da Tabela Periódica em blocos (adaptado de [4]).

### 2.1.3. Metais de transição

Os metais de transição são “os elementos da Tabela Periódica que pertencem ao bloco  $d$  da Tabela Periódica e possuem subcamadas  $d$  não completamente preenchidas ou dão facilmente origem a cátions que possuem as subcamadas  $d$  não completamente preenchidas”. Estes elementos apresentam propriedades muito interessantes e diversificadas.

A escrita das configurações eletrónicas é baseada no princípio de preenchimento ou de Aufbau. Este princípio impõe que, à medida que os protões são adicionados um por um, ao núcleo, para construir os elementos, os eletrões são, de forma semelhante, adicionados às orbitais atómicas. As configurações eletrónicas de todos os elementos, à exceção do hidrogénio e do hélio, podem ser

representadas por um cerne de gás nobre<sup>6</sup>, que representa entre parêntesis retos o elemento gás nobre que precede o elemento a considerar, seguido da configuração eletrónica da camada mais externa.

As configurações eletrónicas dos elementos do bloco *d* da 1.<sup>a</sup> série representada (4.<sup>o</sup> período) estão representadas na tabela 3.

O padrão de preenchimento é quebrado no crómio e no cobre \*. Esta irregularidade resulta da estabilidade suplementar resultante do facto de as orbitais da subcamada *d* estarem todas semipreenchidas (caso do crómio, Cr) ou completamente preenchidas (caso do cobre, Cu).

Ao longo desta 1.<sup>a</sup> série, ou seja, ao percorrer o período, os eletrões adicionados são colocados nas orbitais *3d* de acordo com a regra de Hund. A orbital *4s* é preenchida antes das orbitais *3d*. Mas esta ordem de preenchimento não determina a ordem de remoção dos eletrões.

Tabela 3 – Configurações eletrónicas para os elementos do bloco *d* da 1.<sup>a</sup> série [5]

Elemento	Configuração eletrónica
<sup>21</sup> Sc	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>1</sup>
<sup>22</sup> Ti	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>2</sup>
<sup>23</sup> V	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>3</sup>
<sup>24</sup> Cr	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>5</sup> *
<sup>25</sup> Mn	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>5</sup>
<sup>26</sup> Fe	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>6</sup>
<sup>27</sup> Co	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>7</sup>
<sup>28</sup> Ni	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>8</sup>
<sup>29</sup> Cu	[Ar] 4s <sup>1</sup> 3d <sup>10</sup> *
<sup>30</sup> Zn	[Ar] 4s <sup>2</sup> 3d <sup>10</sup>

[Ar] = 1s<sup>2</sup> 2s<sup>2</sup> 2p<sup>6</sup> 3s<sup>2</sup> 3p<sup>6</sup> e representa o cerne do gás nobre árgon, gás que precede na Tabela Periódica os elementos considerados na tabela 3.

<sup>6</sup> Configuração eletrónica do elemento gás nobre que antecede imediatamente o elemento a considerar.

A perda de um ou mais elétrons origina um átomo de carga positiva, denominado íon positivo ou catião. Na formação de um catião a partir de um átomo de um metal de transição, os elétrons que são removidos em primeiro lugar são os da orbital  $4s$  e só em seguida das orbitais  $3d$  (ordem contrária à do preenchimento das orbitais nos átomos neutros).

A maioria dos metais de transição pode formar mais do que um catião e esses catiões não são isoeletrônicos<sup>7</sup> dos gases nobres que os precedem.

Os estados de oxidação<sup>8</sup> dos metais de transição podem variar consoante o número de elétrons que perdem. Na tabela 4 estão representados os números de oxidação dos metais de transição da 1.<sup>a</sup> série, os mais estáveis a vermelho.

Tabela 4 – Números de oxidação dos metais de transição da 1.<sup>a</sup> série [5]

Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu
				+7				
			+6	+6	+6			
		+5	+5	+5	+5			
	+4	+4	+4	+4	+4	+4		
+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3	+3
	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+2
								+1

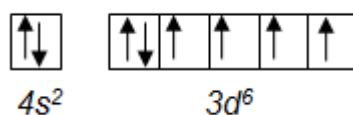
O facto dos metais de transição formarem um ou mais iões estáveis com subcamadas  $d$  semipreenchidas e por terem subcamadas  $d$  incompletas é uma característica responsável por propriedades muito interessantes: têm grande tendência para formar complexos e compostos organometálicos, para participar em reações como catalisadores e em processos bioquímicos. Também a cor dos

<sup>7</sup> Com a mesma configuração eletrónica.

<sup>8</sup> Número de cargas que um átomo teria numa molécula (ou num composto iónico) se houvesse transferência completa de elétrons. Também pode ser denominado número de oxidação.

compostos dos metais de transição está relacionada com a presença de orbitais *d* vazias ou semipreenchidas.

Considere-se o exemplo do ferro:  ${}_{26}\text{Fe}$ :  $[\text{Ar}] 4s^2 3d^6$ , também representado com os diagramas de caixa.



Os compostos de ferro normalmente apresentam estados de oxidação +2 e +3.

Fe(II) – ião ferroso:  $\text{Fe}^{2+}$

Fe(III) – ião férrico:  $\text{Fe}^{3+}$

As configurações eletrônicas são:

- $\text{Fe}^{2+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^6$  (o átomo de ferro perdeu 2 elétrons da orbital 4s)
- $\text{Fe}^{3+}$ :  $[\text{Ar}] 3d^5$  (o átomo de ferro perdeu 2 elétrons da orbital 4s e 1 de uma das orbitais *d*)

#### 2.1.4. Complexos metálicos e compostos de coordenação

Os metais de transição têm grande tendência para formar complexos. Um complexo metálico é um ião constituído por um ião metálico central ligado a uma ou mais moléculas ou iões.

Chamam-se ligandos às moléculas ou aos iões que rodeiam o ião central num ião complexo. Os ligandos possuem, pelo menos, um par de elétrons não partilhado, podendo, por isso, desempenhar o papel de bases de Lewis (dadores de pares eletrónicos). Os metais de transição podem comportar-se como ácidos de Lewis (aceitadores de pares eletrónicos). As interações entre o átomo metálico e os ligandos podem, assim, ser consideradas reações ácido-base. Estes metais podem ligar-se a outras espécies que possam partilhar com eles pares eletrónicos. Esta ligação é chamada de ligação covalente coordenada ou dativa (o par eletrónico é cedido apenas por um dos participantes na ligação). Os ligandos podem ser classificados como monodentados, bidentados e polidentados,

consoante o número de átomos dadores de pares de eletrões presentes no ligado.

O número de pares eletrónicos aceite pelo átomo central chama-se número de coordenação. No bloco *d* o número de coordenação 6 é o mais comum para configurações de  $d^0$  a  $d^9$ . A geometria octaédrica é a mais comum para estes complexos.

A figura 17 representa um arranjo octaédrico num complexo metálico. M representa o metal e L representa o ligando. O arranjo dos ligandos é simétrico e existe em muitos complexos de fórmula  $ML_6$ . No âmbito deste trabalho será feita referência somente a esta geometria.

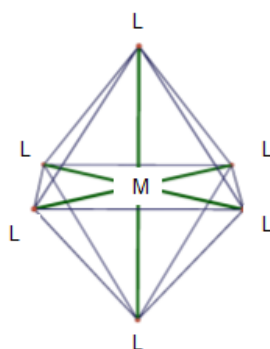


Figura 17 – Geometria octaédrica de um complexo de metal de transição (adaptado de [4]).

Exemplos de complexos metálicos:

Exemplo 1.

O sulfato de cobre (II) dissolvido em água produz uma solução azul. Os responsáveis por esta cor são os iões cobre hidratados [10], conforme mostra a figura 18.

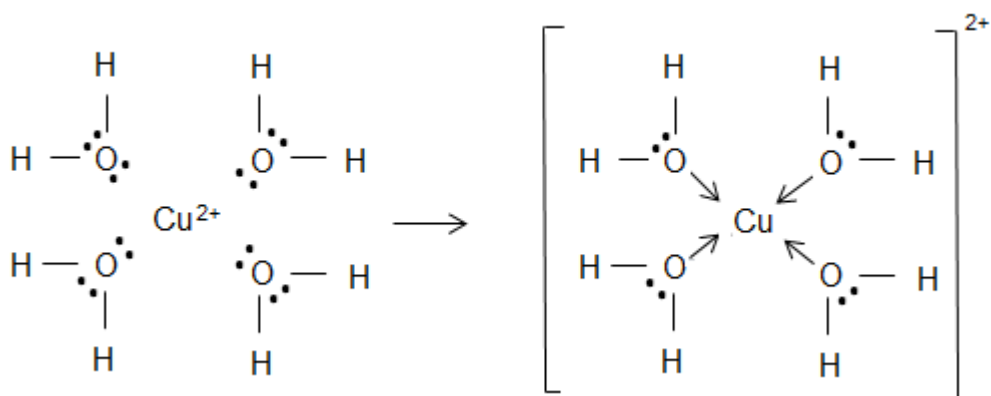


Figura 18 – Ião complexo  $[Cu(H_2O)_4]^{2+}$  (adaptado de [10]).

Cada íon  $\text{Cu}^{2+}$  liga-se a quatro moléculas de água para originar íon  $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ , tetraaquocobre (II). A base de Lewis é o ligando e o átomo do ligando que efetivamente doa o par eletrónico é o átomo dador. No exemplo  $\text{H}_2\text{O}$  é o ligando e o O é o átomo dador. O ácido de Lewis é o íon central,  $\text{Cu}^{2+}$ , e é o aceitador dos pares de eletrões. A ligação coordenada envolve pares eletrónicos não ligantes (isolados) dos ligandos que são partilhados com o íon central. O número de coordenação é 4.

### Exemplo 2.

Considere-se novamente o exemplo do ferro:  ${}_{26}\text{Fe}$ :  $[\text{Ar}] 3d^6 4s^2$ , que pode formar o íon ferroso,  $\text{Fe}^{2+}$ , e o íon férrico,  $\text{Fe}^{3+}$ .

Os íões  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  formam complexos muito estáveis com o íon cianeto,  $\text{CN}^- / \text{[:C}\equiv\text{N:}]^-$

O número de coordenação é seis e formam complexos de geometria octaédrica, conforme mostra a figura 19.

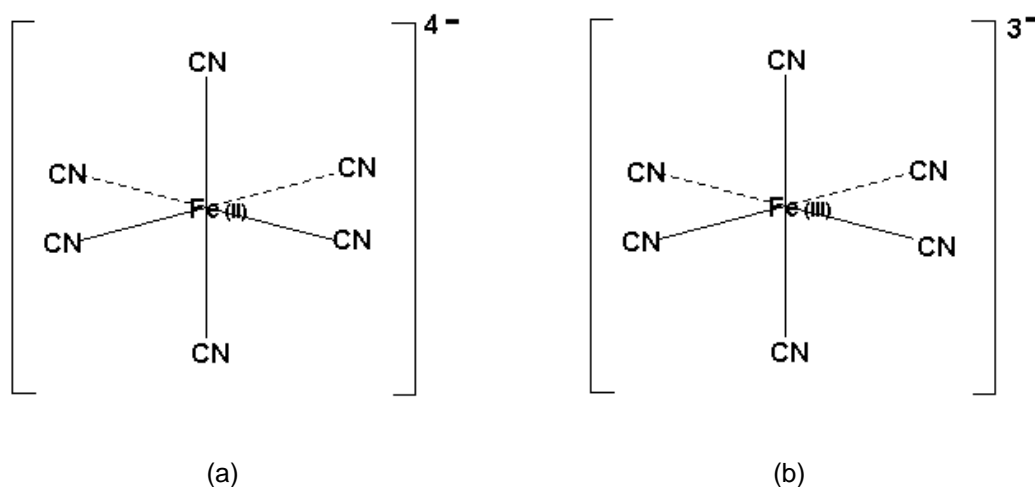


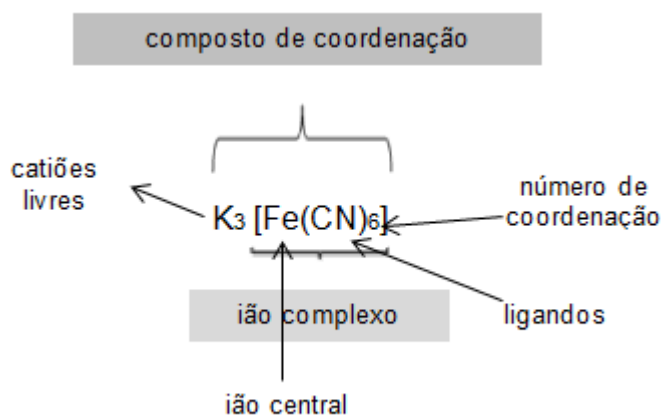
Figura 19 – (a) Representação do íon hexacianoferrato (II) (íon ferrocianeto),  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}$  e (b) do íon hexacianoferrato (III) (íon ferricianeto),  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  (adaptado de [11]).

Os complexos metálicos podem combinar-se com íões, simples ou complexos, para formar compostos de coordenação. Um “composto de coordenação é uma espécie neutra que contém, pelo menos, um íon complexo”.

O hexacianoferrato (III) de potássio (ou ferricianeto de potássio), de fórmula química  $\text{K}_3 [\text{Fe}(\text{CN})_6]$ , constitui um exemplo de um composto de coordenação



constituído pelo ião complexo  $\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}$  (ião hexacianoferrato (III)) e pelo ião  $\text{K}^+$  (ião potássio).



### 2.1.5. Ligação química nos compostos de coordenação – Teoria do Campo Cristalino

A teoria do campo cristalino utiliza um modelo eletrostático para compreender como se estabelecem as ligações nos iões complexos.

Num ião complexo consideram-se as seguintes interações: a atração entre o ião metálico (carga positiva) e o ligando (carga negativa ou parte negativa de um ligando polar), e é esta força a responsável pela ligação do metal aos ligandos; a repulsão entre os pares isolados localizados nos ligandos e os eletrões que ocupam as orbitais  $d$  do metal.

No caso de um complexo octaédrico o metal central está rodeado de seis pares de eletrões (cada um, de um ligando), conforme mostra a figura 20.

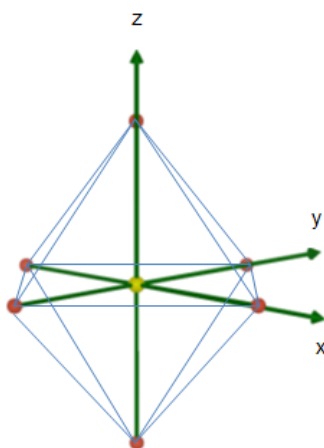


Figura 20 – Arranjo octaédrico dos seis ligandos à volta do ião metálico.

Legenda: amarelo – ião central; vermelho – ligando (adaptado de [4]).

A figura 21 mostra as cinco orbitais  $d$  num complexo octaédrico e a respetiva orientação relativamente ao eixo do  $x$ ,  $y$  e  $z$ .

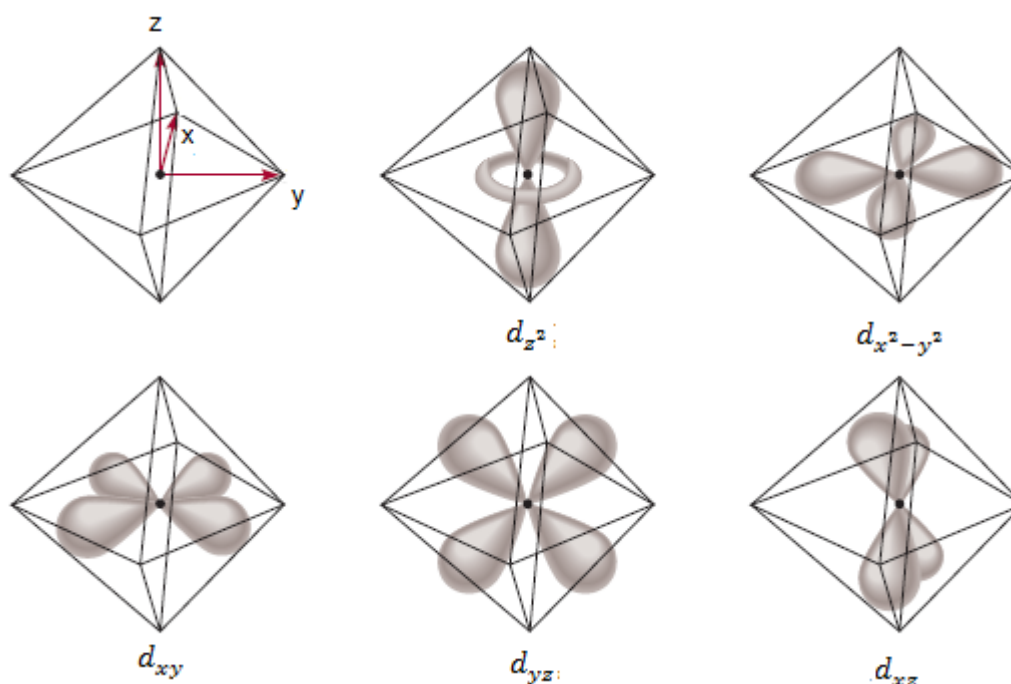


Figura 21 – Orbitais  $d$  num complexo octaédrico [4].

As cinco orbitais  $d$  são repelidas pelos eletrões dos ligandos, dependendo dessa repulsão da orientação da orbital  $d$  a considerar. Deste modo, um eletrão que se encontre na orbital  $d_{z^2}$ , vai ser mais fortemente repelido pelos eletrões dos ligandos, uma vez que esta orbital se encontra orientada no eixo dos  $z$ , logo, alinhada com um ligando que se encontra num dos vértices ( $z$ ) do octaedro; um eletrão que se encontre na orbital  $d_{x^2-y^2}$  também vai ser mais fortemente repelido pelos ligandos, dado que os lóbulos desta orbital estão orientados segundo os eixos  $x$  e  $y$ , na direção dos vértices do octaedro ( $x$  e  $y$ ), onde se encontram os ligandos; em ambos os casos anteriores existem mais repulsões e a energia das orbitais é mais elevada; os eletrões que se encontrem nas orbitais  $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{xz}$ , não são tão fortemente repelidos pois os lóbulos destas orbitais não estão alinhados segundo a orientação dos ligandos e, neste caso, existem menos repulsões, e a energia destas orbitais é mais baixa.

No íão livre, ou seja, quando não há perturbação externa, as orbitais  $d$  têm todas a mesma energia, apesar de terem diferentes orientações. Na proximidade dos ligandos, as orbitais  $d$  não têm todas a mesma energia e sofrem um desdobramento em dois níveis de energia, conforme ilustra a figura 22. A energia de desdobramento do campo cristalino,  $\Delta$ , é a diferença de energia entre os dois conjuntos de orbitais. O valor de  $\Delta$  depende da natureza dos ligandos e do metal e tem um efeito direto na cor do complexo e nas suas propriedades magnéticas.

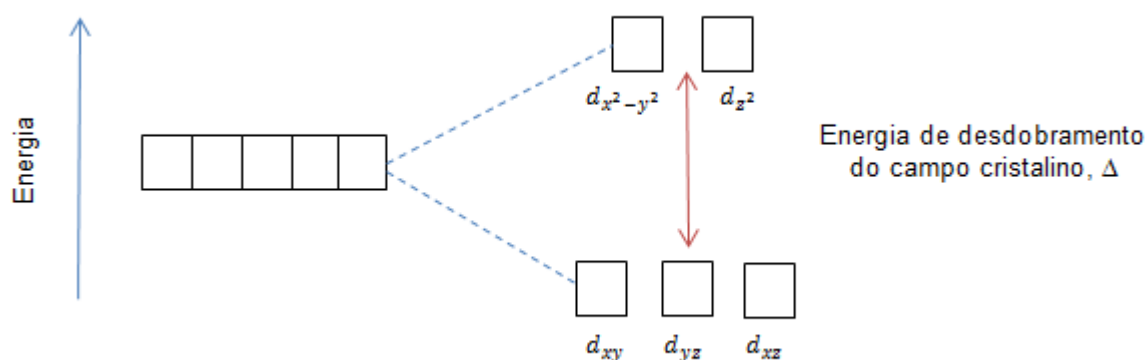


Figura 22 – Desdobramento das orbitais  $d$  pelo campo cristalino dos ligandos num complexo octaédrico (adaptado de [4]).

Na distribuição dos elétrons entre as orbitais em complexos octaédricos verifica-se que os elétrons tendem a ocupar os níveis de energia mais baixos e distribuem-se de modo a ocupar orbitais diferentes, diminuindo assim as repulsões eletrônicas. No entanto, podem acontecer duas situações: se o campo elétrico produzido pelo ligando for fraco,  $\Delta$  será pequeno, e os elétrons vão-se distribuir pelas cinco orbitais; se o campo elétrico produzido pelo ligando for forte,  $\Delta$  será grande, e os elétrons vão-se distribuir pelas orbitais de energia mais baixa. No último caso, a energia necessária para que os elétrons fiquem emparelhados é menor do que a energia necessária para que eles ocupem as orbitais de maior energia.

### 2.1.6. A cor nos complexos dos metais de transição

Isac Newton, no século XVII, fazendo passar um feixe de luz branca por um prisma ótico, mostrou que a luz branca é um conjunto de diversas cores que vão do violeta ao vermelho, e que constituem o espectro visível.

O espectro visível corresponde a uma gama de radiações do espectro eletromagnético, representado na figura 2 deste capítulo, com valores de comprimento de onda compreendidos entre 400 e 700 nm. A cada comprimento de onda corresponde uma cor. A figura 23 representa a roda das cores com os valores dos comprimentos de onda.

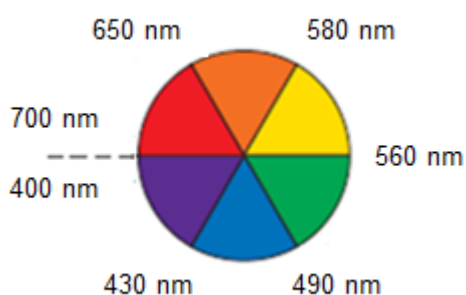


Figura 23 – Roda da cor (adaptado de [4]).

Quando a luz branca incide sobre um material há interação entre a radiação e a matéria e algumas radiações podem ser absorvidas, outras transmitidas e outras refletidas. Um material pode absorver radiação visível só numa determinada gama de comprimentos de onda. Como consequência, a radiação refletida é constituída por todos os comprimentos de onda do espectro, exceto os que foram absorvidos. Os comprimentos de onda da radiação refletida são os que determinam a cor do material. Por exemplo, um objeto vermelho, observado à luz branca, absorve todos os comprimentos de onda do espectro visível, exceto o vermelho, que reflete. Um composto que absorva na região do verde apresentar-se-á vermelho, que é a cor complementar do verde.

Em que situações pode ocorrer a absorção de radiação?

Já foi referido que, segundo Planck e Einstein, a energia de um fóton de luz é dada pela expressão (1), em que  $h$  é a constante de Planck e  $\nu$  a frequência da radiação.

$$E = h\nu \quad (1)$$

Quando a energia de um fóton for igual à diferença entre o estado fundamental e o estado excitado de um átomo, ocorre a absorção de energia e um elétron transita para um nível de energia superior, podendo assim ser calculada a variação de energia envolvida na transição do elétron, considerando

$$\Delta = h\nu \quad (8)$$

sendo  $\Delta$  a energia de desdobramento do campo cristalino,  $h$  a constante de Planck e  $\nu$  a frequência da radiação.

O melhor modo de medir a energia de desdobramento do campo cristalino é a utilização da espectroscopia para determinar o comprimento de onda no qual a luz é absorvida. O ião  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$  constitui um bom exemplo pois possui somente um elétron na orbital  $d$ . O processo de absorção de um fóton para este ião está representado na figura 24.

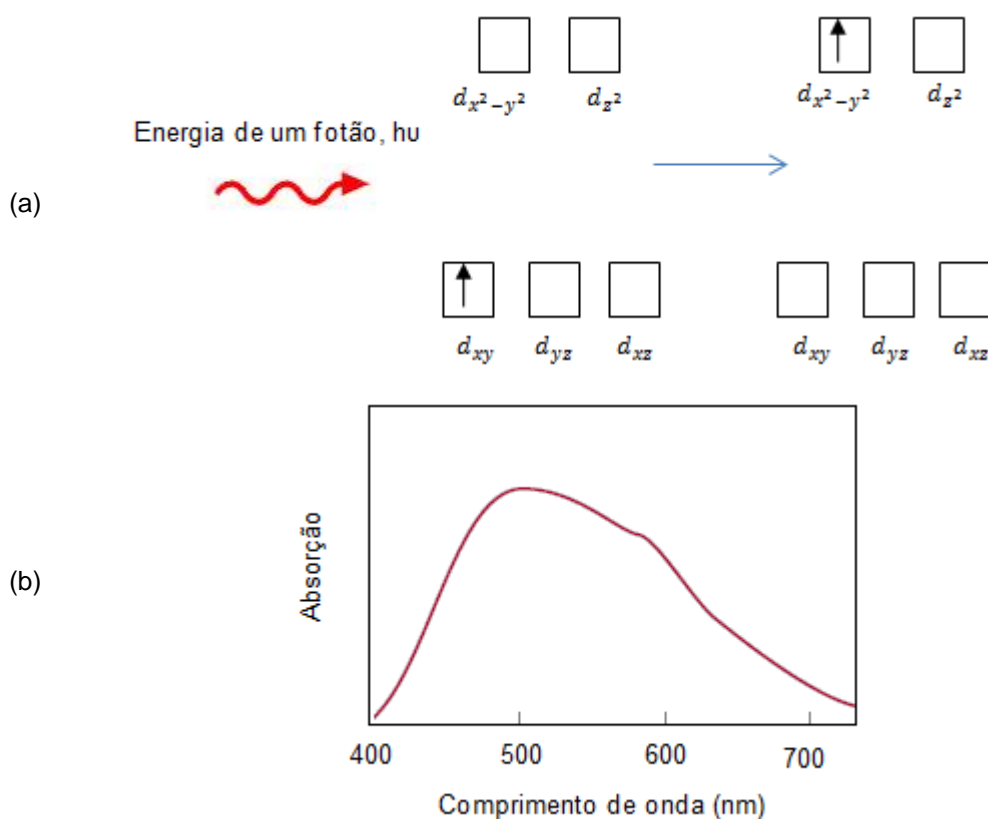


Figura 24 – (a) Representa o processo de absorção de um fóton e (b) uma representação do espectro de absorção do ião  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . A energia do fóton coincide com a energia de desdobramento do campo cristalino. O máximo de absorção na região do visível ocorre a 498 nm (adaptado de [4]).

Cálculo da energia de desdobramento do campo cristalino para o ião  $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ :

Considerando

$$E = h\nu \quad (1)$$

e

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (9)$$

sendo  $\nu$  a frequência da radiação,  $c$  a velocidade da luz e  $\lambda$  o comprimento de onda da radiação, temos

$$\Delta = h\nu = (6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}) (3,00 \times 10^8 \text{ m/s}) / (498 \times 10^{-9} \text{ m}) = 3,99 \times 10^{-19} \text{ J} \quad (10)$$

Para exprimir o valor desta energia em quilojoules por mole, escreve-se

$$\Delta = (3,99 \times 10^{-19} \text{ J/ ião}) (6,02 \times 10^{23} \text{ iões/ mole}) = 240 \text{ kJ/ mol} \quad (11)$$

A partir de dados espectroscópios para diversos complexos, todos com o mesmo ião metálico mas ligandos diferentes, os químicos calculam a energia de desdobramento do campo cristalino produzido por cada tipo de ligando e dispõem-nos numa lista por ordem crescente da sua capacidade de provocar o desdobramento das energias das orbitais  $d$ , no que constitui a chamada série espectroquímica:  $\text{I}^- < \text{Br}^- < \text{Cl}^- < \text{OH}^- < \text{F}^- < \text{H}_2\text{O} < \text{NH}_3 < \text{CN}^- < \text{CO}$ .

Os compostos dos metais de transição do bloco  $d$  apresentam uma grande variedade de cores. A cor nos compostos dos metais de transição relaciona-se com a presença de orbitais  $d$  vazias ou semipreenchidas, logo, com a existência de eletrões desemparelhados no ião metálico.

A incidência da luz branca sobre um material ou a sua passagem através de uma solução pode originar a excitação de um eletrão para uma orbital de maior energia. Isso acontece se a energia absorvida do fóton da radiação incidente for igual à diferença entre os dois níveis de energia, energia de desdobramento do campo cristalino,  $\Delta$ .



## 2.2. Azul da prússia

O azul da prússia, de nome químico hexacianoferrato (II) de ferro (III), é um composto conhecido pelas suas propriedades: a sua intensa cor azul e a sua estrutura cristalina, capaz de atuar como hospedeira de pequenas moléculas ou íons [12, 13].

### 2.2.1. Descoberta do azul da prússia

O azul da prússia foi sintetizado por acaso por um fabricante de tintas de nome Diesbach, em 1704, em Berlim, no reino da Prússia. Diesbach queria fabricar uma laca vermelha mas os reagentes que comprou a Dippel, necessários ao seu fabrico, estavam muito impuros e, em vez do vermelho, formou-se um pigmento azul. A descoberta foi acidental e Diesbach não foi capaz de explicar a química envolvida no fabrico desta substância. Descobriram que um dos reagentes estava contaminado com um elixir fétido resultante da destilação de carcaças de animais, ossos e vísceras. Sabe-se agora que essa mistura continha bases orgânicas nitrogenadas e vários cianetos de alquilo derivados da degradação térmica de moléculas com ligações CN, tais como as que existem na hemoglobina.

A receita de preparação do azul da prússia manteve-se secreta até John Woodard, em 1724, publicar um método para fabricar o azul da prússia, em que era utilizado um sal de ferro complexo (hoje chamado de ferricianeto de potássio) obtido a partir de compostos orgânicos.

Com a descoberta do azul da prússia também se abriu uma nova área da química, a do radical cianeto (o nome terá tido origem na palavra grega *ciano*, devido à cor azul escura do composto), mesmo antes do azoto ter sido identificado como um elemento, em 1772, por Daniel Rutherford. Em 1782 Scheele isolou o cianeto de hidrogénio (HCN) e em 1814 Joseph Louis Gay-Lussac preparou a molécula de cianogénio ((CN)<sub>2</sub>). Com o conhecimento de que o radical cianeto era composto somente por carbono e nitrogénio surgiram métodos novos para a obtenção do ferrocianeto de potássio. Esta alternativa foi bem recebida, pois punha de parte o método de síntese a partir de compostos orgânicos fétidos.



O azul da prússia não existe na natureza e tornou-se assim o primeiro composto de coordenação a ser sintetizado (foi no antigo Egito que surgiu o primeiro pigmento sintético, o azul egípcio) e veio substituir os utilizados na época, extraídos dos minerais azurite e do lápis-lazúli. Constituiu também um azul acessível e estável de modo a ser utilizado pelos artistas, sendo mais tarde utilizado em toda a Europa.

### 2.2.2. Estrutura do azul da prússia

A substância foi estudada durante muitos anos e a sua composição foi um problema para os químicos dada a sua natureza complexa e variada. Só no século XX a sua estrutura foi determinada por Keggin e Miles utilizando cristalografia de raios X. Mais tarde foi determinada com mais precisão por Andreas Ludi e seus colaboradores [14].

O azul da prússia é um sólido inorgânico e é um composto de coordenação de composição variável, dependendo do método de preparação e das condições de precipitação como mais à frente será referido. Na sua composição podem estar presentes iões de sódio, potássio e amónio, bem como água em quantidades variáveis [15]. É uma substância de valência mista o que significa que contém iões ferro em mais do que um estado de oxidação na mesma unidade estrutural, Fe (II) e Fe (III) [14]. A figura 25 representa a estrutura cristalina do azul da prússia.

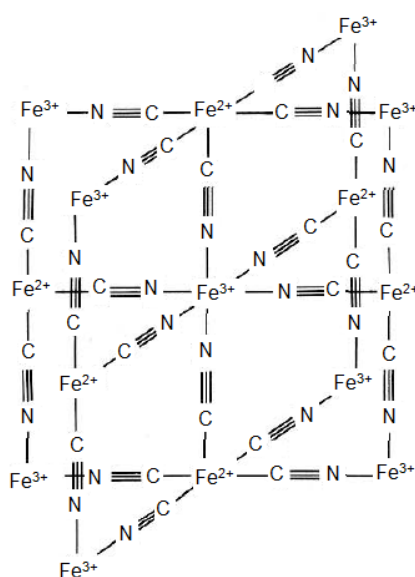


Figura 25 – Estrutura do azul da prússia (adaptado de [14]).

A estrutura é formada pela interação do ião complexo hexacianoferrato (II) (Figura 19a)), um complexo de geometria octaédrica, com o ião ferro (III), constituindo uma estrutura cúbica onde os iões ferro (II) e ferro (III) ocupam os vértices e os ligandos cianeto as arestas. O ião ferro (II) está ligado ao átomo de carbono do ião cianeto e o ião ferro (III) está ligado ao átomo de nitrogénio segundo a sequência  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C} \equiv \text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$ .

O azul da prússia é essencialmente constituído por hexacianoferrato (II) de ferro (III) (ferrocianeto de ferro)  $(\text{Fe}^{\text{III}}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]_3)$ . Para uma melhor compreensão estão indicados os estados de oxidação do ferro.

Todas as formas de azul da prússia têm em comum uma estrutura cúbica [12, 15] conforme mostra a figura 26, podendo esta rede acomodar no seu interior várias quantidades de água e iões metálicos de modo que a sua fórmula pode variar entre o “azul da prússia insolúvel”,  $\text{Fe}^{\text{III}}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  ( $x= 14\text{-}16$ ) e o “azul da prússia solúvel”,  $\text{M}^+\text{Fe}^{\text{III}} [\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]_3 \cdot y\text{H}_2\text{O}$  ( $y=1\text{-}5$ ), sendo M um catião monovalente, tal como  $\text{K}^+$  ou  $\text{NH}_4^+$ . Na realidade todas as formas de azul da prússia são insolúveis em água. O “azul da prússia solúvel” parece solúvel pois, dado o pequeno tamanho das partículas, em solução aquosa origina uma dispersão coloidal que é facilmente confundida com uma solução azul.

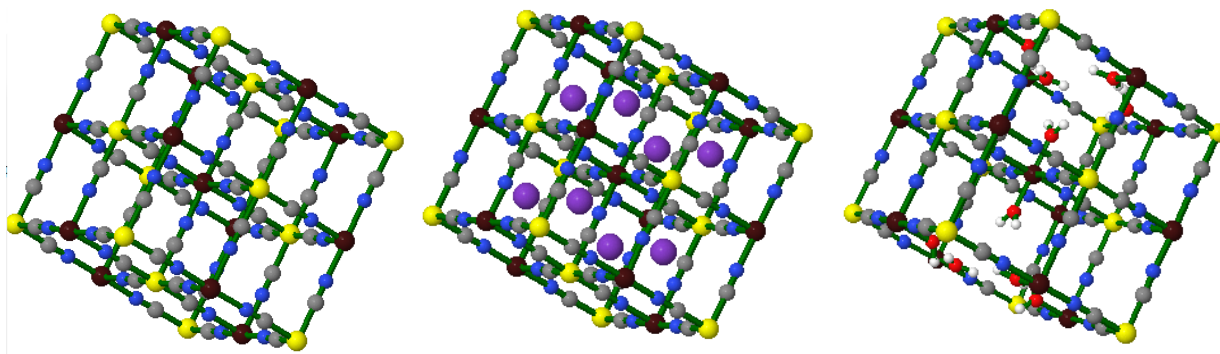


Figura 26 – Estruturas do azul da prússia, gentilmente cedidas por Xavier Prat-Resina.

Legenda: amarelo –  $\text{Fe}^{\text{II}}$ ; vermelho escuro –  $\text{Fe}^{\text{III}}$ ; cinzento – carbono; azul – nitrogénio; roxo – iões potássio; vermelho – oxigénio da molécula de água; branco – hidrogénio da molécula de água [16].

À esquerda, a figura mostra a estrutura do azul da prússia, em que os átomos de ferro definem uma rede cúbica simples, alternando o Fe (II) e o Fe (III),

unidos por pontes de cianeto, com o Fe (II) coordenado com os átomos de carbono segundo a seguinte sequência  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C}\equiv\text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$ . Nesta estrutura aberta existem cavidades e túneis nas três direções ao longo da rede. O centro das células unitárias pode ser ocupado por íons ou moléculas até 182 pm de raio. Para a estequiometria ideal,  $\text{Fe}^{\text{III}}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6] \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ , cada célula unitária contém seis moléculas de água coordenadas e oito moléculas de água não coordenadas, estas últimas no interior da estrutura; na figura ao centro, no “azul da prússia solúvel”,  $\text{K}^+\text{Fe}^{\text{III}}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6] \cdot y\text{H}_2\text{O}$ , metade das cavidades podem ser ocupadas por íons potássio,  $\text{K}^+$ , e as moléculas de água não se encontram coordenadas; na figura à direita, no “azul da prússia insolúvel”, a rede pode ser imperfeita, existindo maior quantidade de ferro (III) do que ferro (II) (razão de 4:3), podendo  $\frac{1}{4}$  do Fe (II) ( $\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6$ ) estar ausente. Os espaços ocupados pelo Fe (II) que ficam livres podem ser ocupados por moléculas de água e o Fe (III) aparece coordenado com água, segundo a composição  $\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_{4,5}(\text{H}_2\text{O})_{1,5}$  [12].

### 2.2.3. Preparação do azul da prússia

Em 1724, Jonh Woodard publicou a receita do método original para a preparação do azul da prússia [15]: *misturar 4 onças<sup>9</sup> de tártaro bruto (ácido tartárico) com 4 onças de salitre bruto (nitrato de potássio); detonar com carvão para obter uma substância alcalina (carbonato de potássio); misturar num cadinho o carbonato de potássio, depois de pulverizado ainda quente, com o sangue de boi seco, tapar, e deixar inflamar aquecendo lentamente até aparecer uma pequena chama; aos conteúdos moídos a quente, acrescentar dois litros de água doce a ferver; ferver e filtrar duas vezes; dissolver oito onças de alúmen (sulfato de potássio e alumínio) em 2 litros de água a ferver; adicionar a solução preparada a uma solução contendo um sal de ferro e adicionar rapidamente a mistura ao extrato quente da substância alcalina; agitar a solução até parar a efervescência; deixar repousar a mistura, filtrar e retirar o precipitado; adicionar ao precipitado 2 ou 3 onças de espírito de sal (ácido clorídrico) e o precipitado ficará azul; deixar durante a noite, lavar muito cuidadosamente e secar a lume brando* [15].

---

<sup>9</sup> 1 onça equivale aproximadamente a 28,35g

O processo de fabrico era muito difícil de controlar e a química envolvida era ainda pouco conhecida. À medida que a química do processo foi sendo entendida, nomeadamente as proporções dos reagentes, a sua concentração e condições de temperatura outras receitas foram surgindo [15].

Nos dias de hoje para preparar o azul da prússia já não é necessário recorrer a misturas complexas de origem animal.

O azul da prússia pode ser preparado por métodos diretos e indiretos.

Um processo muito rápido, direto e fácil, representado na figura 27, consiste em misturar uma solução de um sal de ferro (III), por exemplo cloreto de ferro (III),  $\text{FeCl}_3$ , a uma solução de hexacianoferrato (II) de potássio,  $\text{K}_4[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]$  [12, 17]. A reação pode ser representada pela equação química (12).

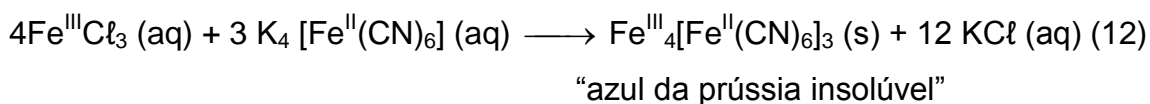
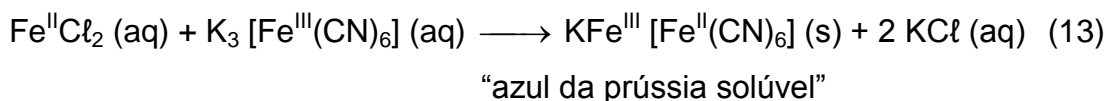


Figura 27 – Preparação do azul da prússia a partir da reação de uma solução de cloreto de ferro (III),  $\text{FeCl}_3$ , com uma solução de hexacianoferrato (II) de potássio,  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  [4].

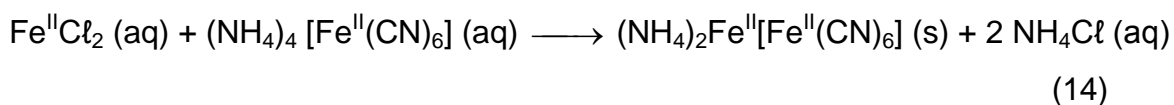
Em alternativa podem ser utilizadas soluções de um sal de ferro (II), por exemplo sulfato de ferro (II),  $\text{FeSO}_4$ , ou cloreto de ferro (II),  $\text{FeCl}_2$ , e hexacianoferrato (III) de potássio,  $\text{K}_3[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]$ . A reação do cloreto de ferro (II) com o hexacianoferrato (III) de potássio pode ser representada pelo esquema químico (13) [15].



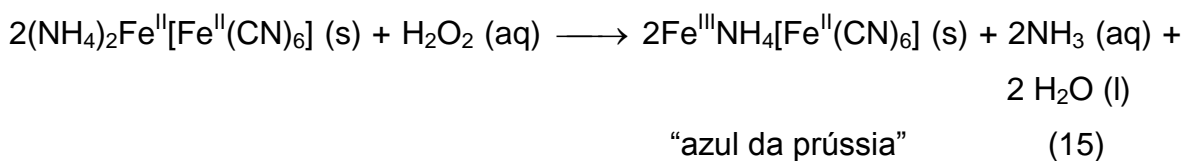
Se o sal de ferro está presente em excesso o azul intenso que se forma é a variedade do pigmento denominada “azul da prússia insolúvel”. Ambas as reações produzem hexacianoferrato (II) de ferro (III) conforme comprovado em estudos de difração de raios X e espectroscopia de Mossbauer, embora inicialmente se pensasse que o produto do segundo processo originasse hexacianoferrato (III) de ferro (II), um pigmento conhecido como “azul de Turnbull’s”. A molécula contém água e pode também conter algum potássio, mas em pouca quantidade.

Se existe excesso de hexacianoferrato ou se os reagentes estão misturados na proporção molar 1:1, o produto é identificado como sendo a variedade denominada “azul da prússia solúvel” ou “azul de Turnbull’s solúvel” [15].

O método indireto ocorre em duas etapas e baseia-se na reação entre um sal de ferro (II) e um sal de ferrocianeto, por exemplo hexacianoferrato (II) de amónio, originando um produto insolúvel conhecido como “branco de Berlim”, um hexacianoferrato (II) de ferro (II),  $M_2Fe^{II}[Fe^{II}(CN)_6]$ , em que M pode ser o ião amónio, sódio ou potássio, dependendo dos reagentes utilizados. O produto é depois tratado com um agente oxidante forte, por exemplo um cromato ou clorato, havendo formação de “azul da prússia solúvel”. A reação de preparação do azul da prússia a partir do cloreto de ferro (II) e do hexacianoferrato (II) de amónio, usando o peróxido de hidrogénio como agente oxidante, pode ser descrita através dos esquemas químicos (14) e (15) [15].



“branco de Berlim”



“azul da prússia”

#### 2.2.4. A cor do azul da prússia

Já foi referido que os compostos dos metais de transição exibem diversas cores. Os iões desses metais de transição também podem apresentar diversas cores conforme o ambiente químico em que se encontram [18].

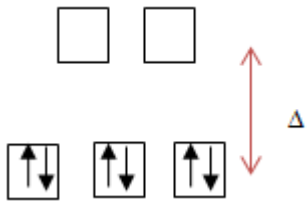
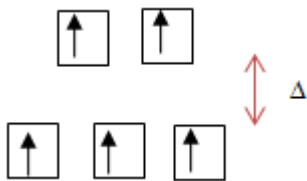
As transições de transferência de carga são, em parte, responsáveis pela cor destes compostos, estando também envolvido no processo o mecanismo de absorção envolvendo os eletrões das orbitais *d* [18].

No caso particular do azul da prússia, em que o ferro se encontra em dois estados de oxidação e que a sua estrutura consiste na sequência  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C}\equiv\text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$  a sua cor intensa surge da transição eletrónica que ocorre entre os dois iões de ferro nos dois estados de oxidação, do ião Fe (II) para o ião Fe (III), quando é absorvida luz na região do vermelho do espectro visível, entre 690 e 730 nm, dependendo da estrutura [15].

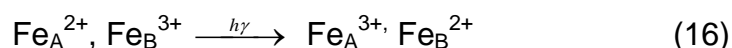
Estudos de espectroscopia mostraram que, na sequência  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C}\equiv\text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$ ,  $\text{Fe}^{\text{II}}$  está coordenado com seis átomos de carbono do ligando cianeto, num arranjo octaédrico, e que  $\text{Fe}^{\text{III}}$  está coordenado com seis átomos de nitrogénio do ligando cianeto (no caso do “azul da prússia solúvel”) ou com átomos de nitrogénio e de oxigénio proveniente da água (no caso do “azul da prússia insolúvel”), também num arranjo octaédrico [15, 17].

O ião  $\text{Fe}^{2+}$  é de baixo spin, enquanto que o  $\text{Fe}^{3+}$  é de alto spin:  $\text{Fe}^{\text{II}}$  (baixo spin) –  $\text{C}\equiv\text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$  (alto spin) [14, 15]. A tabela 5 resume as características destes dois iões.

Tabela 5 – Representação dos estados de spin para os íons  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$ 

Íon	Spin	Diagramas com os elétrons distribuídos nas orbitais desdobradas		Observações
$\text{Fe}^{2+}(d^6)$	Baixo spin			Os seis elétrons estão todos emparelhados
$\text{Fe}^{3+}(d^5)$	Alto spin			Os cinco elétrons estão todos desemparelhados. As transições eletrônicas são proibidas

A transferência de carga, que origina a cor do azul da prússia, pode ser interpretada do seguinte modo: se os íons de ferro forem designados por  $\text{Fe}_A^{2+}$  e  $\text{Fe}_B^{3+}$ , representando A e B as diferentes posições definidas pelos ligandos a transferência de um elétron de  $\text{Fe}^{2+}$  para  $\text{Fe}^{3+}$  pode ser representada pelo esquema:



O lado direito do esquema tem mais energia do que o lado esquerdo e o resultado é um nível de energia e um esquema de absorção de luz semelhante ao da figura 24 [4].

### 2.2.5. Aplicações do azul da prússia

Passados mais de trezentos anos da descoberta do azul da prússia continua o estudo da química dos complexos metálicos de cianeto. Além de ser utilizado como pigmento, atualmente novas aplicações estão a ser propostas para o azul da prússia [19].

Aspectos fundamentais da estrutura e eletroquímica do azul da prússia e dos seus compostos análogos, são referenciados num artigo sobre aplicações destes materiais em biossensores químicos e biológicos à base de hexacianoferratos metálicos, tais como sensores ópticos, de pH e sensores de humidade [20].

É dada particular relevância às aplicações do azul da prússia em biossensores em certas áreas de diagnóstico clínico, tais como, pesquisas sobre o cérebro e monitorização não invasiva da química do sangue.

Kandanapitive refere os hexacianoferratos metálicos como uma importante classe de compostos de coordenação inorgânicos, que têm sido muito investigados devido às suas propriedades magnéticas, fotomagnéticas e aplicação como nano partículas para efectuar troca iónica, em especial para remoção do ferro em solução aquosa. As nano partículas de azul da prússia podem penetrar na membrana celular, podendo ser utilizadas como rádio isótopos de gálio, utilizados em medicamentos radiofarmacêuticos [21].

A utilidade do azul da prússia passa também pela preparação de filmes ultra finos fotomagnéticos constituídos por azul da prússia e nano folhas de titânio, com aplicações no fabrico de materiais foto funcionais inovadores [22].

A partir de 1960, o azul da prússia foi utilizado para tratar pessoas internadas, contaminadas com tálio e cézio radioativo, atuando como um antídoto [23]. O azul da prússia constitui um bom antídoto, pois os iões tálio (raio  $164\text{pm}^{10}$ ) podem entrar na estrutura do azul da prússia, em substituição do potássio (raio  $152\text{pm}$ ), atuando, deste modo, como hospedeira de pequenas moléculas ou iões. Uma vez na estrutura, pode ser expelido pelo organismo, através do intestino, dado que é um composto extremamente insolúvel.

A rede do azul da prússia pode também atuar como hospedeira de elementos radioativos, como é o caso do cézio-137. Foi utilizada para “travar” a radioatividade que foi depositada nos planaltos de North Wales e Cumbria, no Reino Unido, a seguir ao desastre de Chernobyl. Continua a ser utilizado nas zonas contaminadas pelo desastre de Chernobyl, nomeadamente para a descontaminação das renas na Noruega [24].

---

<sup>10</sup> 1 pm (picómetro) =  $1,00 \times 10^{-12}$  m



O azul da prússia pode ser útil para situar no tempo determinada obra de arte, tal como relata o texto *Datação de pinturas com o azul da prússia* [4]. Em 1995 foi doada uma pintura ao Museu de Arte de Mead em Amherst, Massachusetts. Inicialmente, a pintura foi atribuída à escola de um pintor francês do século XVI, mas análises decorrentes de uma reparação ao quadro revelaram que um dos pigmentos utilizados era o azul da prússia, só descoberto em 1704. A análise dos pigmentos pode ser utilizada para ajudar os historiadores de arte na atribuição da data das obras e também ajudá-los a reconhecer fraudes e falsificações.

### 2.3. Cianótipos

O cianótipo é uma impressão fotográfica em que a revelação se faz com a formação do azul da prússia. A palavra deriva do grego *ciano* (azul escuro) e *tipo* (impressão) [25].

O processo tradicional foi descoberto acidentalmente em 1842 por Sir John Herschel (1792-1871), três anos depois de Henry Talbot e Louis Daguerre anunciarem as suas descobertas da fotografia com sais de prata, e baseia-se nas propriedades fotossensíveis de alguns sais de ferro que permitem a reprodução de uma imagem [12]. Herschel relata a sua descoberta no artigo *On the Action of the Rays of the Solar Spectrum on Vegetable Colours, and on Some New Photographic Processes* [26].

Anna Atkins (1799-1871), bióloga inglesa, utilizou esta técnica para produzir herbários e em 1843 publicou o primeiro livro de fotografia utilizando a cianotopia, *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions* [27].



Figura 28 – Cianótipo de *Cystoseira granulata*. Atkins, Anna. Data de publicação 1843-1853. *Photographs of British algae: cyanotype impressions*. / Part I

Em 1860 uma empresa parisiense, Marion & Cie, produziu papéis sensibilizados com a solução reveladora para impressão de imagens em azul. Este processo foi utilizado em ateliês gráficos e de arquitetura para reprodução de imagens, técnica também conhecida por *blueprint*.

Do espólio da Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho, em Lisboa, constam trinta e seis plantas impressas em *blueprint*, que se considera

pertencer ao ateliê do arquiteto Ventura Terra [28]. A figura 29 mostra a impressão de um gradeamento.

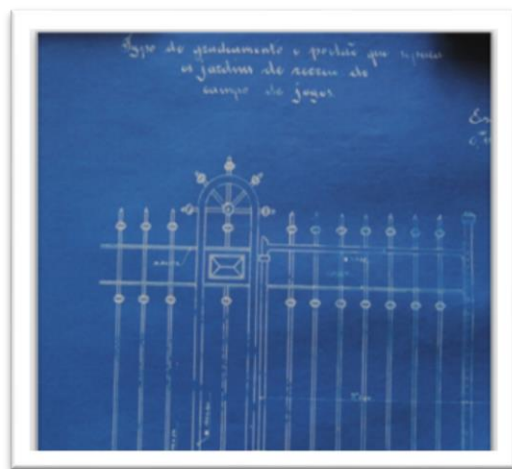


Figura 29 – Detalhe, em *blueprint*, de gradeamento da Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho, Lisboa. Ateliê de Ventura Terra. Créditos fotográficos: Maria de Fátima Abraços, 2009 – 2010.

O processo inicial mantém-se, ainda hoje, praticamente inalterado. A figura 30 representa um cianótipo de pena de pavão. A solução reveladora com a qual se pinta o papel é constituída por sais de ferro que, quando expostos à luz, transformam-se no azul da prússia.



Figura 30 – Cianótipo de folha de pavão (2012).

O processo para elaborar cianótipos é relativamente simples e seguro e a técnica é versátil. Nos dias do hoje é utilizado como técnica alternativa de impressão fotográfica por fotógrafos e artistas.

### 2.3.1. Como produzir um cianótipo

De seguida descreve-se o procedimento para produzir um cianótipo [25].

#### 1. Preparar a solução reveladora fotossensível.

Existem diversos métodos para a preparação da solução reveladora. O tradicional [29, 30] utiliza dois reagentes: o hexacianoferrato (III) de potássio e o citrato de amónio e ferro (III) (Anexo 1).



(a)



(b)

Figura 31 – (a) Material e (b) reagentes utilizados para preparar a solução reveladora.

#### 2. Sensibilizar o papel para impressão com a solução reveladora.

A sensibilização do papel deve ser efetuada numa zona com pouca luz. Há diferentes modos de sensibilizar o papel, um dos mais simples consiste em pintar o papel com a solução reveladora, deixar secar e guardar num local escuro, não mais do que 48 horas. Os melhores papéis são os utilizados para pintura de guache ou aguarela.



Figura 32 – Sensibilização do papel com a solução reveladora.

3. Preparar a composição a imprimir no papel.

Os dois métodos mais comuns para formar a imagem num cianótipo são:

- método de impressão por contacto, utilizando um negativo que se coloca por cima do suporte, originando uma imagem positiva;
- fotograma, em que é colocado um objeto diretamente sobre o papel sensibilizado, ficando a imagem registada no papel.



(a)



(b)

Figura 33 – (a) Método de impressão por contacto; (b) fotograma.

4. Expor o papel à luz.

A melhor fonte de luz é o sol. Também pode ser utilizada outra fonte de radiação UV. Quando o papel mudar a sua cor de esverdeado para tons de azul acinzentado é sinal de que a impressão está pronta.



Figura 34 – Exposição do papel à luz.

## 5. Lavar e secar.

A lavagem deve ser feita com água corrente, até que todo o excesso da solução reveladora que não foi exposta ao sol seja removida. Depois, deixar secar num local à sombra. Com a lavagem, o cianótipo adquire o seu tom azul definitivo.

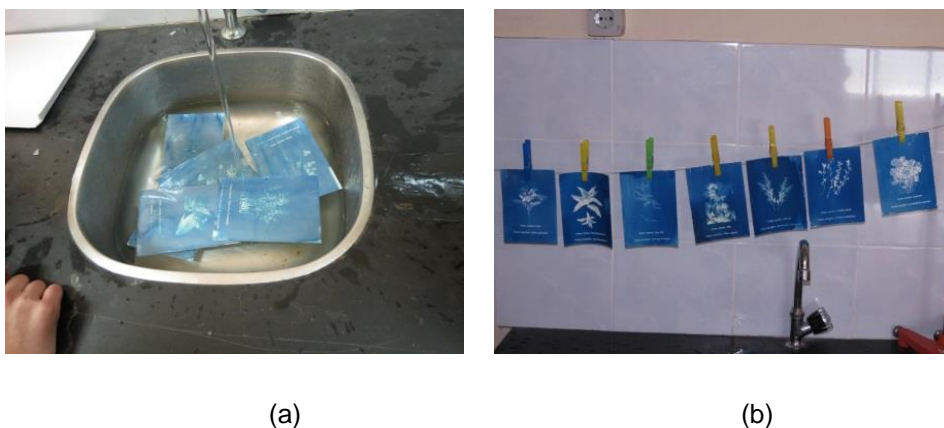


Figura 35 – (a) Lavagem e (b) secagem.

## Preparação da solução reveladora

Para a preparação da solução reveladora, usando o método tradicional [29, 30] descrito na atividade experimental realizada pelos alunos, foram utilizados dois reagentes: o hexacianoferrato (III) de potássio,  $K_3[Fe^{III}(CN)_6]$  e o citrato de amónio e ferro (III),  $C_6H_8O_7 \cdot xFe^{3+} \cdot yNH_3$ . Deve ser utilizada a forma verde do citrato de amónio e ferro (III), que é a que contém uma percentagem de ferro entre 14% e 18%. Métodos mais recentes podem ser utilizados, conforme descreve Mike Ware em *The New Cyanotype Process* [31].

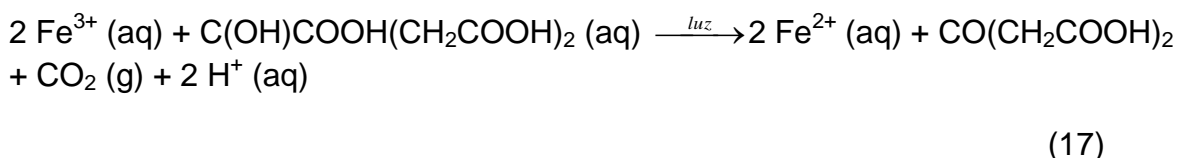
### 2.3.2. A química do processo da cianotopia

Relativamente ao processo da cianotopia as reações envolvidas não são totalmente conhecidas [32], a começar pela fórmula estrutural do citrato de amónio e ferro (III), contudo, na literatura aparecem algumas propostas [12, 32].

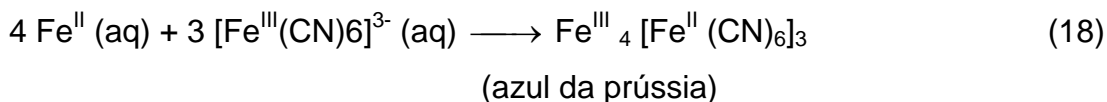
Por exposição do papel à luz solar, ocorre absorção de radiação que leva à redução do ião férrico,  $Fe^{3+}$ , a ião ferroso  $Fe^{2+}$ . A imagem azul forma-se por

reação do íon ferroso,  $\text{Fe}^{2+}$ , com o íon hexacianoferrato (III),  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ , sob a ação da luz, formando o azul da prússia, o hexacianoferrato (II) de ferro (III),  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ .

1.<sup>a</sup> etapa: a luz causa a foto redução do  $\text{Fe}^{3+}$  a  $\text{Fe}^{2+}$ , o citrato é oxidado e há libertação de dióxido de carbono (equação 17).



2.<sup>a</sup> etapa: o íon  $\text{Fe}^{2+}$  ( $\text{Fe}^{\text{II}}$ ) participa numa reação redox com o hexacianoferrato (III) existente na mistura, formando o azul da prússia, o hexacianoferrato (II) de ferro (III). (equação 18)



Na equação (18) estão representados os estados de oxidação do ferro, em numeração romana, para uma melhor compreensão.

### 2.3.3. Viragens

O processo de viragem consiste na mudança da cor azul do cianótipo após a lavagem do papel com diversas soluções [12].

No caso dos metais de transição que formam íões complexos a absorção da radiação depende não só do íon metálico mas também do ligando, uma vez que este afeta o valor da energia de desdobramento do campo cristalino,  $\Delta$ . A inclusão de outras espécies na estrutura do azul da prússia pode originar uma variação na energia de desdobramento do campo cristalino e, deste modo, é deslocada a banda de transferência eletrónica e “ajustada” a cor do cianótipo.



## 2.4. Atividade experimental realizada com os alunos

### 2.4.1. Apresentação e discussão da atividade

A atividade experimental “Cianótipo – Revelação do azul da prússia” foi realizada com quatro turmas de alunos do 8.º ano de escolaridade no ano letivo de 2012-2013 e enquadrada nos conteúdos programáticos do tema “Transformações químicas dos materiais”.

Tendo como ponto de partida uma atividade experimental motivadora pretendeu-se fazer uma abordagem às reações químicas que ocorrem na presença da luz.

No contexto da atividade experimental foi elaborada a “folha do aluno” e a “folha do professor”, onde estão indicados os objetivos da atividade, informações sobre os cianótipos e o processo da cianotopia e o procedimento experimental. A “folha do aluno” permite ainda que o aluno efetue alguns registos e responda a questões, cujas respostas se encontram na “folha do professor”.

Com os alunos do 8.º B a atividade foi realizada na totalidade: prepararam as soluções, realizaram os cianótipos, preencheram a folha de registo e reponderam às questões. Utilizaram os cianótipos para reproduzir imagens de plantas aromáticas e, como produto final, produziram blocos de apontamentos, conforme mostra a figura 36. O trabalho foi realizado em parceria com uma professora de Ciências Naturais, permitindo, deste modo, efetuar uma abordagem interdisciplinar. Foram utilizados aproximadamente três tempos de 45 minutos na disciplina de Ciências Físico-Químicas e dois tempos na disciplina de Ciências Naturais. No entanto os alunos realizaram algum trabalho fora do contexto da sala de aula.



Figura 36 – Blocos de apontamentos.



Com os alunos das outras turmas a atividade não foi aplicada na totalidade. Foi explorado o processo de impressão para a produção de alguns trabalhos, conforme mostra a figura 37, mas os alunos não preparam as soluções nem responderam às questões. No entanto, durante o processo, foi sempre explorada a química envolvida na formação da imagem.



(a)



(b)

Figura 37 – (a) Paineis expostos na biblioteca com cianótipos sobre o mar produzidos pelos alunos do 8.º D; (b) cianótipo produzido pelos alunos do 8.º D a partir do negativo de uma fotografia da praia de Angeiras.



Figura 38 – Cianótipo produzido pelos alunos da turma de currículos alternativos.

Com a realização desta atividade os alunos adquiriram competências para a realização de trabalho experimental e a consolidação de conteúdos lecionados nas aulas. O trabalho experimental permitiu-lhes o contacto direto com o material

de laboratório e relembrar os procedimentos de segurança no manuseamento de produtos químicos e das regras de segurança a seguir no laboratório. Foram novamente explorados procedimentos relacionados com equipamentos e medições, tais como a utilização da balança para a medição das massas dos reagentes e a medição de volumes de líquidos com provetas graduadas. Ao mesmo tempo foram abordados os assuntos lecionados nas aulas, o que permitiu consolidar conceitos tais como transformação química, reação fotoquímica, solução, soluto, solvente, entre outros.

Os alunos realizaram esta atividade com empenho e entusiasmo.

No “Dia do Agrupamento”, que decorreu na Escola Básica Dr. José Domingues dos Santos, a 17 de maio de 2013, foi dinamizada uma “Oficina de cianótipos”, aberta a toda a comunidade escolar, e dinamizada em colaboração com uma professora de Ciências Naturais e um grupo de alunos de 8.º B (Anexo 2).



(a)



(b)

Figura 39 – (a) Exposição dos cianótipos à luz solar; (b) laboratório de trabalho para a realização dos cianótipos.

## 2.4.2. Folha do aluno

### CIANÓTIPO – Revelação do azul da prússia

Ciências Físico-Químicas – 8.º ano

Atividade experimental - Folha do aluno

---

**CIANÓTIPO** – O cianótipo é uma impressão fotográfica em que a revelação se faz com a formação do *azul da prússia*. A palavra deriva do grego *ciano* (azul escuro) e *tipo* (impressão).



Cianótipo de folha de pavão

O processo tradicional para a elaboração dos cianótipos foi inventado acidentalmente em 1842 por Sir John Herschel (1792-1871), a partir de sais de ferro sensíveis à luz. Foi utilizado em ateliês gráficos e de arquitetura para reprodução de imagens, técnica também conhecida por *blueprint*. Anna Atkins (1799-1871), botânica inglesa, utilizou esta técnica para produzir herbários e publicou o primeiro livro de fotografia utilizando a cianotopia.

A cianotopia, processo para elaborar cianótipos através da reprodução de imagens, é relativamente simples e segura, e a técnica é versátil. Nos dias de hoje é utilizada como técnica alternativa de impressão fotográfica por fotógrafos e artistas.

O azul da prússia, de nome químico hexacianoferrato (II) de ferro (III), também foi sintetizado por acaso por um fabricante de tintas de nome Diesbach, em 1704, em Berlim. Desde então tem sido um composto muito estudado quer como pigmento quer como um composto com aplicações em diversas áreas, devido à sua estrutura cristalina[12, 33, 34, 35].

#### Objetivos da atividade

- Reconhecer que há reações químicas que ocorrem por ação da luz;
- preparar uma solução manuseando, em segurança, material de laboratório e cumprindo as regras de segurança;
- utilizar uma balança para medir massas;

- utilizar uma proveta graduada para medir o volume de um líquido;
- identificar material de laboratório;
- identificar o significado do pictograma de perigo e outras informações sobre riscos e segurança, a partir da leitura dos rótulos dos frascos dos reagentes;
- aplicar o processo da cianotopia para efetuar impressões em papel;
- efetuar registos de observações;
- interpretar observações experimentais;
- tirar conclusões com base nos resultados experimentais.

### **Reagentes**

Hexacianoferrato (III) de potássio – 5g

Citrato de amónio e ferro (III) – 9g

Água desionizada – 100mL

### **Material e local de trabalho**

Gobelés, balança, espátula, vareta de vidro, frascos escuros, papel de aquarela, vidro e base apoio em cartão, tabuleiro, pincel, sala escurecida.

### **Segurança**

No manuseamento dos reagentes e das soluções usar óculos de proteção e luvas [36].

### **Procedimento [30]**

- 1- pesar 5g de hexacianoferrato (III) de potássio para um gobelé de 250mL;
- 2- pesar 9g de citrato de amónio e ferro (III) para outro gobelé de 250mL;
- 3- colocar 50mL de água desionizada em cada um dos gobelés e agitar cuidadosamente com uma vareta de vidro cada uma das soluções, até à dissolução completa dos sólidos;
- 4- guardar as soluções em dois frascos escuros, devidamente rotulados;

**Atenção, as etapas que se seguem devem ser efetuadas numa zona escura do laboratório.**

### **Preparação do papel com a solução reveladora**

- 5- misturar 10mL de cada uma das soluções num gobelé;
- 6- com um pincel pintar o papel de aguarela com a solução preparada em 5 (o papel deve ficar verde amarelado);
- 7- deixar secar num local escuro (pode ser utilizado um secador do cabelo ou deixar secar de um dia para o outro);

### **Preparação da composição a imprimir no papel (técnica do fotograma)**

- 8- colocar o objeto sobre o papel, cuja imagem se quer registar;
- 9- se necessário colocar um vidro sobre o objeto;

**Atenção, a etapa que se segue deve ser efetuada numa zona do laboratório com exposição direta à luz solar.**

- 10-expor a composição à luz do sol durante, aproximadamente, 15 minutos;
- 11-retirar o objeto;
- 12-lavar o papel com água corrente até que todo o excesso da solução reveladora que não foi exposta à luz seja removido e deixar secar.

### **Registo de observações**

Registar na tabela 6 a cor dos reagentes e das soluções.

Tabela 6 – Tabela de registo de cor

<b>Reagente/ solução</b>	<b>Cor</b>
cor do hexacianoferrato (III) de potássio (sólido):	
cor do citrato de amónio e ferro (III) (sólido):	
cor da solução aquosa de hexacianoferrato (III) de potássio:	
cor da solução aquosa de citrato de amónio e ferro (III):	
cor da solução reveladora (hexacianoferrato (III) de potássio + citrato de amónio e ferro (III)):	
cor do papel sensibilizado:	
cor do papel sensibilizado durante a exposição à luz e na lavagem final:	

### **Questões**

1. Explica por que razão as soluções devem ser guardadas em frascos escuros e algumas das etapas do procedimento devem ser realizadas numa zona escurecida do laboratório.
2. Explica a que se deve a mudança de cor do papel, após a exposição à luz solar.
3. Explica qual é a razão da lavagem final com água.
4. Refere alguns fatores que possam influenciar o tempo de exposição do papel à luz solar.
5. Explica por que razão o processo de lavagem não elimina a imagem criada por exposição à luz.

### 2.4.3. Folha do professor

## CIANÓTIPO – Revelação do azul da prússia

Ciências Físico-Químicas – 8.º ano

Atividade experimental - Folha do professor

---

**CIANÓTIPO** – Esta atividade ilustra uma reação química ativada pela luz solar. No cianótipo a imagem forma-se com o aparecimento do azul da prússia, por exposição de sais de ferro sensíveis à luz.

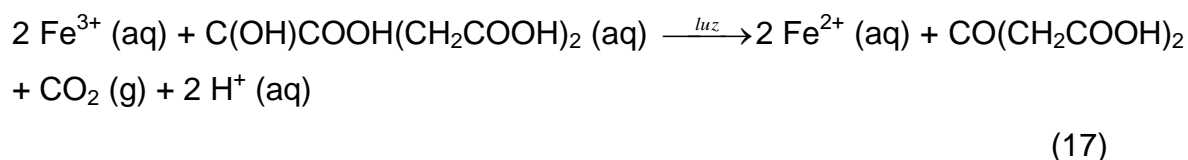
O suporte de papel é pintado com uma solução reveladora. Existem diversos métodos para a preparação da solução reveladora. O tradicional, utilizado na atividade realizada pelos alunos, utiliza dois reagentes: o hexacianoferrato (III) de potássio,  $K_3[Fe(CN)_6]$  e o citrato de amónio e ferro (III),  $C_6H_8O_7 \cdot xFe^{3+} \cdot yNH_3$ . Deve ser utilizada a forma verde do citrato de amónio e ferro (III), que é a que contém uma percentagem de ferro entre 14 e 18%. O método de impressão utilizado foi a técnica do fotograma, em que é colocado um objeto diretamente sobre o papel sensibilizado com a solução reveladora, ficando a imagem registada depois da exposição à luz solar.

O pigmento que fica impregnado no papel é o azul da prússia, um sólido inorgânico de nome químico hexacianoferrato (II) de ferro (III). Os iões de ferro apresentam estados de oxidação +2 e +3 e a cor azul é resultante de uma transferência de carga entre os iões ferro usados como reagentes.

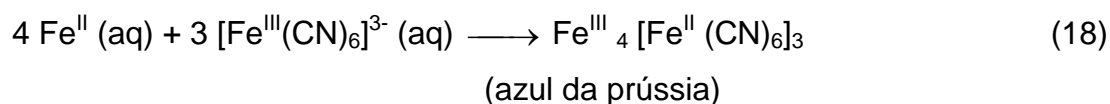
Relativamente ao processo da cianotopia as reações envolvidas não são totalmente conhecidas, a começar pela fórmula estrutural do citrato de amónio e ferro (III) [12, 15, 29, 30, 32].

Por exposição do papel à luz solar ocorre a redução do ião férrico,  $Fe^{3+}$ , a ião ferroso  $Fe^{2+}$ . A imagem azul forma-se por reação do ião ferroso,  $Fe^{2+}$ , com o ião hexacianoferrato (III),  $[Fe(CN)_6]^{3-}$ , formando o azul da prússia, o hexacianoferrato (II) de ferro (III),  $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ .

1.<sup>a</sup> etapa: a luz causa a foto redução do  $Fe^{3+}$  a  $Fe^{2+}$ , o citrato é oxidado e há libertação de dióxido de carbono.



2.<sup>a</sup> etapa: O íon  $\text{Fe}^{2+}$  ( $\text{Fe}^{\text{II}}$ ) participa numa reação redox com o hexacianoferrato (III) existente na mistura, formando o azul da prússia, o hexacianoferrato (II) de ferro (III).



As equações (17) e (18) representam, respetivamente, as etapas descritas; na equação (18) estão representados os estados de oxidação do ferro, em numeração romana, para uma melhor compreensão.

A figura seguinte representa a estrutura cristalina do azul da prússia.

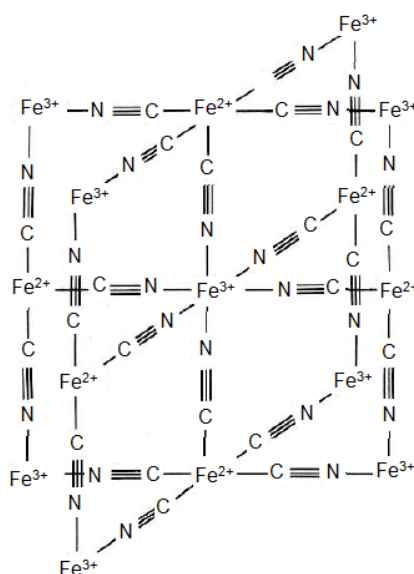


Figura 40 – Estrutura do azul da prússia, formada pela interação do íon complexo hexacianoferrato (II), um complexo de geometria octaédrica, com o íon ferro (III), constituindo uma estrutura cúbica onde os íons ferro (II) e ferro (III) ocupam os vértices e os ligandos cianeto as arestas. O íon ferro (II) está ligado ao átomo de carbono do íon cianeto e o íon ferro (III) está ligado ao átomo de nitrogénio, segundo a sequência  $\text{Fe}^{\text{II}} - \text{C} \equiv \text{N} - \text{Fe}^{\text{III}}$  [14].



## Registo de observações

Na tabela 7 encontram-se os registos referentes à cor dos reagentes e das soluções.

Tabela 7 – Tabela de registo de cor

Reagente/ solução	Cor
cor do hexacianoferrato (III) de potássio (sólido):	vermelho
cor do citrato de amónio e ferro (III) (sólido):	verde
cor da solução aquosa de hexacianoferrato (III) de potássio:	verde amarelado
cor da solução aquosa de citrato de amónio e ferro (III):	verde musgo
cor da solução reveladora (hexacianoferrato (III) de potássio + citrato de amónio e ferro (III)):	verde amarelado
cor do papel sensibilizado:	verde amarelado
cor do papel sensibilizado durante a exposição à luz e na lavagem final:	o verde amarelado começa a ficar verde escuro; vai depois adquirindo um tom verde azulado e, no final, um azul acinzentado; depois da lavagem com água o papel adquire o seu tom azul definitivo.

## Resposta às questões [33]

1. As soluções devem ser guardadas em frascos escuros pois são sensíveis à luz, especialmente a solução reveladora com que se pinta o papel. As etapas realizadas na zona escurecida da sala são para proteger o papel sensibilizado com a solução reveladora, evitando que ocorra uma reação química ativada pela luz.
2. O papel muda de cor devido à ocorrência de uma reação química ativada pela exposição à luz solar. A cor azul que fica impregnada no papel é o azul da prússia.

3. A lavagem final permite eliminar todos os químicos que não reagiram com a luz, de modo a que a imagem fique estável.
4. O tempo de exposição pode variar com a latitude do lugar, com a estação do ano, hora do dia e com as condições atmosféricas, entre outros fatores.
5. A imagem não é eliminada durante a lavagem porque o pigmento “azul da prússia” é insolúvel em água.

## Segurança


No manuseamento dos reagentes e das soluções usar óculos de proteção e luvas.

Nas tabelas 8 e 9 que se seguem estão indicadas as informações de segurança sobre os reagentes utilizados na atividade [36].

Tabela 8 – Informação de segurança sobre o hexacianoferrato (III) de potássio

Nome	Hexacianoferrato (III) de potássio
Fórmula molecular	$K_3[Fe(CN)_6]$
Pictograma de perigo	-
Palavra-sinal	-
Advertências de perigo	-
Recomendações de prudência	-
Informação suplementar sobre riscos	Liberta gases muito tóxicos em contacto com ácidos

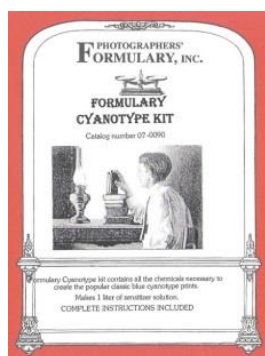
Tabela 9 – Informação de segurança sobre o citrato de amónio e ferro (III)

Nome	Citrato de amónio e ferro (III)
Fórmula molecular	$C_6H_8O_7 \cdot xFe^{3+} \cdot yNH_3$
Pictograma de perigo	
Palavra-sinal	Atenção
Advertências de perigo	H315, H319, H335
Recomendações de prudência	P261
Resposta	P305+P351 +P338
	Provoca irritação cutânea e ocular grave. Pode provocar irritação das vias respiratórias. Evitar o contacto com o sólido e o pó. Usar roupa adequada (luvas e óculos).

#### 2.4.4. Projeto para construção de um *kit* para impressão de cianótipos

A ideia da construção de um *kit* para impressão de cianótipos surgiu depois de constatado o interesse de diversas pessoas, dentro e fora da comunidade escolar, em experimentar este processo alternativo de impressão de imagem.

Existem algumas opções para aquisição, mas no mercado estrangeiro. As da figura representam, respectivamente, um *kit* com os reagentes [37] e papel já preparado para efetuar as impressões [38].



(a)



(b)

Figura 41 – *Kit* para impressão de cianótipos (a); papel para produção de cianótipos (b).

O projeto para construção de um *kit* de experiências produzido no contexto deste trabalho, contempla dois químicos que permitem preparar 40 mL de uma solução reveladora fotossensível e sensibilizar, aproximadamente, vinte folhas de papel de aguarela 10x14 cm, para produzir cianótipos.

Na figura 42 encontra-se o material legendado e na tabela 10 está indicado o conteúdo do *kit*. O manual de instruções encontra-se no apêndice 1.

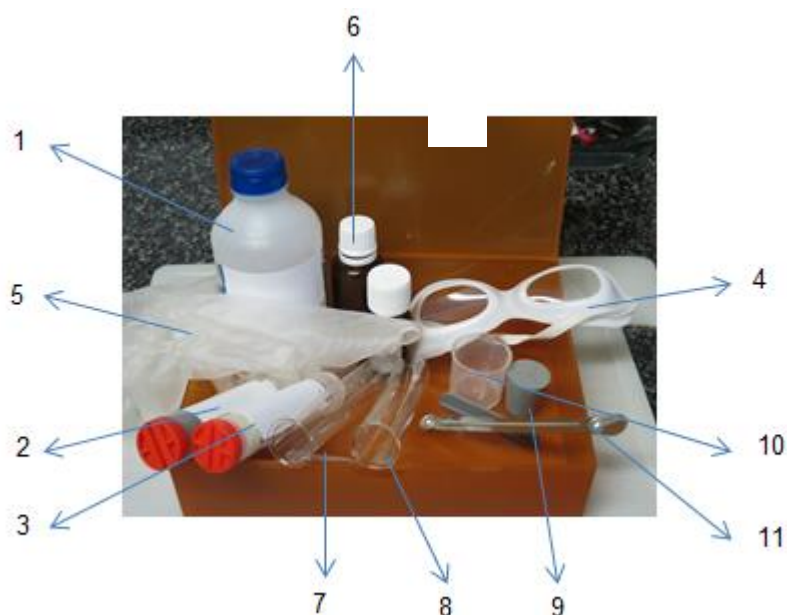


Figura 42 – Material que compõe o kit.

Tabela 10 – Material que compõe o kit

N.º	Descrição	Quantidade
1	Água desionizada	1
2	Hexacianoferrato (III) de potássio (sólido vermelho)	1
3	Citrato de amónio e ferro (III) (sólido verde)	1
4	Óculos de proteção	1
5	Luvras de proteção	2
6	Frasco castanho para guardar as soluções	3
7	Vareta	1
8	Tubo de ensaio	3
9	Rolha de borracha	3
10	Copo graduado	1
11	Espátula	1
	Pincel	1
	Papel de aguarela 10x14 cm	10
	Base para impressão em cartolina	1
	Moldes para impressão	
	Negativos para impressão	

## Capítulo III - Apresentação e discussão de projetos

Neste capítulo do relatório são apresentados projetos desenvolvidos considerados relevantes e discutido o seu contributo para a melhoria das aprendizagens dos alunos (Anexo 3).

### 3.1. Projeto “Energia – onde estamos, para onde vamos?” e concurso “O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia”

Este projeto foi implementado nas cinco turmas do 8.º ano de escolaridade no ano letivo de 2009/ 2010 e contou também com participações de outras turmas dos 7.º e 9.º anos. Foi por mim coordenado juntamente com uma professora de Ciências Naturais. No âmbito deste projeto decorreu, simultaneamente, a participação no concurso promovido pela EDP, “O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia”.

Com este projeto pretendeu-se desenvolver ações sobre temas fundamentais tais como energia, recursos naturais, educação ambiental e cidadania, promovendo a articulação interdisciplinar na abordagem dos mesmos. Pretendeu-se ainda valorizar atitudes saudáveis e sustentáveis como resposta aos problemas energéticos e promover a colaboração com os diversos agentes da comunidade educativa.

O primeiro passo na implementação do projeto foi sensibilizar os alunos para o tema do concurso fornecendo-lhes informação sobre alterações climáticas, poluição, eficiência energética, entre outros assuntos. Deste modo, em Formação Cívica, dinamizei, juntamente com a professora de Ciências Naturais, diversas atividades: visualização de filmes e *powerpoints* e exploração do *kit* pedagógico do concurso. Na segunda fase do projeto, os alunos, em Formação Cívica, elaboraram trabalhos sobre o tema, tais como, *powerpoints*, marcadores de livros (Anexo 4), dinamização de um painel no polivalente/ sala do aluno, lembretes, dicas energéticas, cartazes e dinamização de uma *Ecoshop*. Organizei duas

palestras, “Energia Solar Térmica e Fotovoltaica”, proferida pelo engenheiro Paulo Ribeiro e “Eficiência Energética”, proferida por dois engenheiros da EDP, José Manuel Pereira e Paulo Cruz, e um *Workshop* de Fornos Solares, a cargo da engenheira Dina Marques (Anexo 5). Dinamizei a campanha de troca de lâmpadas, promovida pelo Ministério da Economia e da Inovação e o Ministério da Educação, com o apoio da EDP. Nesta atividade houve muita participação da comunidade educativa. Elaborei fichas informativas sobre lâmpadas (lâmpadas economizadoras versus incandescentes), que foram fornecidas aos alunos (Anexo 6). Os alunos do 9.º ano preencheram, com a colaboração dos pais, uma ficha para estimar os consumos energéticos em casa e propor medidas para reduzir os consumos de energia. No dia da receção aos alunos do 4.º ano, durante a visita aos laboratórios de CFN da nossa escola, houve lugar para um cantinho da energia, tendo sido distribuídas lâmpadas economizadoras e informação diversa sobre curiosidades e dicas energéticas (Anexo 7). O preenchimento da ficha diagnóstico e da ficha base de equipamentos fornecidas pelo concurso permitiu fazer a avaliação energética da escola e identificar os pontos fortes e fracos, as ações a desenvolver e propostas de trabalho para o futuro (Anexo 8). A avaliação energética permitiu uma tomada de consciência dos elevados consumos energéticos da escola e de casa, contribuindo para a adopção de medidas redutoras da fatura energética e de boas práticas ambientais.

Pedimos também um parecer mais técnico a dois engenheiros da EDP sobre a implementação de energias renováveis e aquecimento da escola. Informei com regularidade a Direção, pois considerei pertinente que estivesse a par das atividades desenvolvidas e colaborasse na tomada de decisões, principalmente na definição de medidas a implementar no futuro, e para estabelecer os contactos com a Câmara Municipal de Matosinhos e com a Junta da Freguesia de Lavra. À medida que o projeto foi desenvolvido ocorreu também a sua divulgação junto da comunidade escolar através de painel na sala do aluno, informações aos encarregados de educação, Associação de Pais, Conselho Geral, cartazes na Junta de Freguesia de Lavra e blogue da biblioteca “Letras à Espreita”, que constituiu um bom meio de divulgação e que pode ser consultado em <http://balavra.blogspot.pt>

Este projeto potenciou a adoção de uma nova postura da comunidade escolar face ao Ambiente e à Energia de modo a reduzir o consumo energético e a contribuir para um planeta melhor.

A relação escola-comunidade foi intensa, já que toda a comunidade educativa participou numa ou mais atividades e trabalharam para um objetivo comum: sustentabilidade da Terra.

O projeto facilitou ainda a consolidação dos conteúdos programáticos relacionados com as disciplinas de Ciências Físico-Químicas e Ciências Naturais.



Figura 43 – (a) *Workshop* sobre fornos solares; (b) campanha de troca de lâmpadas.

### 3.2. “Um dia na minha escola – receção aos alunos do 4.º ano”

Esta atividade é realizada na penúltima semana do ano letivo no sentido de receber/ integrar os alunos do 4.º ano na futura escola. Os alunos percorrem os diversos espaços escolares e realizam diversas atividades. Juntamente com os outros professores de Ciências Físico-Químicas e de Ciências Naturais tenho, ao longo de diversos anos, dinamizado as atividades no laboratório para este grupo de alunos. Assim, com o intuito de os sensibilizar para a área das ciências, em particular para o trabalho experimental, para lhes incutir atitudes de curiosidade perante a ciência, facilitar a socialização e promover a apropriação consciente do espaço escolar que é o laboratório, procedemos à seleção de materiais e atividades experimentais para que seja possível uma participação ativa dos



alunos (Anexo 9). Esta atividade é realizada com a colaboração de grupos do 8.º ano. A figura 41 (a) representa o laboratório de ciências.

Os alunos envolvem-se entusiasticamente nas tarefas, demonstrando curiosidade, interesse e grande disponibilidade, o que se pode constatar por observação direta e por pequenos diálogos estabelecidos durante e após as atividades.

Quando regressam à sua escola é-lhes solicitado um desenho sobre a visita, que depois é exposto na nova escola conforme mostra a figura 41 (b). É gratificante verificar que grande parte dos alunos elege o laboratório como o local mais apreciado.



(a)



(b)

Figura 44 – (a) Laboratório de ciências; (b) desenho realizado pelos alunos do 4.º ano, após a visita à escola.

### 3.3. Projeto “Química com todos e para todos”.

O projeto referido, por mim coordenado, foi implementado no âmbito do “Concurso de Ideias do Prémio Fundação Ilídio Pinho – Ciência na Escola”, edição de 2003/2004, e teve um prémio de participação no valor de 1000 euros, sendo 500 euros fornecidos pela fundação e 500 euros pela Câmara Municipal de Matosinhos (Anexo 10).

Neste ano de escolaridade, como oferta de escola, o nosso agrupamento implementou as “Oficinas de Ciências Físico-Químicas” para os alunos do 8.º ano, valorizando, deste modo, o ensino das ciências como uma área prioritária de

intervenção. Esta oficina consistia numa aula de 45 minutos semanais para todas as turmas do 8.º ano e funcionou até ao ano letivo de 2011.

A participação no projeto veio permitir desenvolver uma série de atividades experimentais variadas, relacionadas com a química e com os conteúdos do 8.º ano, que foram sendo aplicadas neste tempo de oferta de escola.

Os objetivos do projeto visavam incutir nos alunos o gosto pela química, sempre que possível através da descoberta e da realização de trabalho experimental, e criar um sentimento de admiração, entusiasmo e interesse pela ciência, a par de chamar a atenção para a beleza da conceção estética do mundo.

As atividades foram realizadas com os cerca de 110 alunos do 8.º ano, durante todo o ano letivo. Destacam-se as seguintes:

– Cristalização de sais iónicos de diversas cores sobre pedras, conchas e outros materiais. Para a realização desta atividade foi necessária a colaboração de uma professora da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, a Doutora Ana Paula Carvalho, que nos forneceu os procedimentos sobre como fazer crescer os cristais. Foi elaborado pelos alunos um “livro de receitas” depois de experimentarem com diversos sais e registarem os resultados (Anexo 11). A figura 42 mostra o laboratório e alguns sais produzidos nesta atividade.

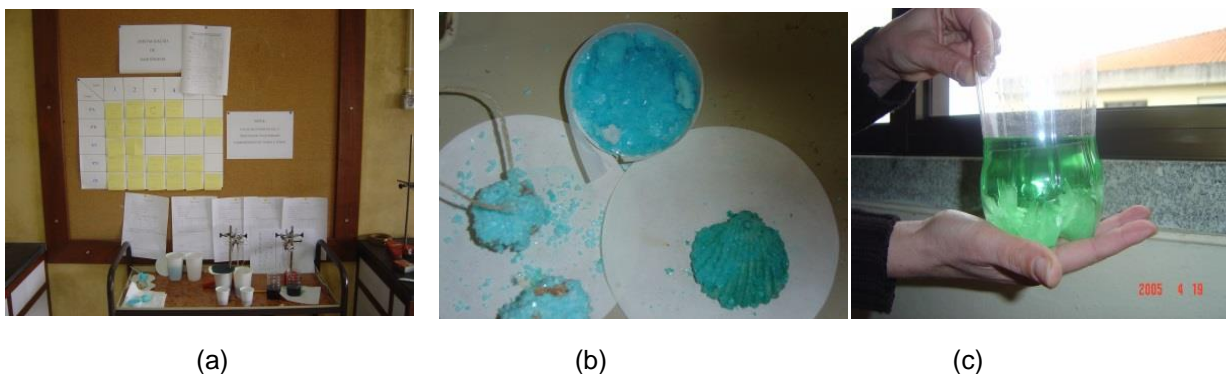


Figura 45 – (a) Laboratório; (b) cristais de sulfato de cobre e sulfato de amónio sobre conchas; (c) cristais de hidrogenofosfato de amónio e alúmen de crómio (Anexo 12).

– Fabrico de sabões, de polímero de silicone, de indicadores caseiros, reações de precipitação, jardim químico, entre outros, conforme mostra a figura 43.



(a)



(b)

Figura 46 – (a) Fabrico de sabões; (b) polímeros de silicone.

– Realização de fotogramas, que são impressões em papel fotográfico por exposição à luz. Neste contexto, foi explorada a química envolvida num laboratório de fotografia (Anexo 13). Foram realizados diversos trabalhos pelos alunos que ofereceram aos pais para comemoração do dia do pai e do dia da mãe, conforme mostra a figura 44.



(a)



(b)

Figura 47 – (a) e (b) Fotogramas.

Algumas atividades foram realizadas juntamente com os professores de Ciências Naturais, nomeadamente o vulcão químico e formação das estalactites e dos cristais de enxofre. No final do ano foi realizada uma exposição aberta à comunidade.

Para a avaliação do projeto foram utilizados alguns instrumentos, nomeadamente fichas de registos dos relatórios de algumas atividades experimentais e relatórios finais das atividades. A observação direta do empenho dos alunos também constituiu um bom indicador. Uma vez que o projeto foi implementado maioritariamente nas aulas de oficinas o desempenho dos alunos foi também avaliado segundo os parâmetros que constavam nos seus registos de avaliação: empenho e interesse pelas atividades, autonomia na realização de tarefas e desenvolvimento do gosto pelo saber.

Os alunos e todos os participantes mostraram grande interesse e entusiasmo na implementação deste projeto e as atividades desenvolvidas constituíram uma base para os trabalhos dos anos seguintes nas “Oficinas das Ciências Físico-Químicas”.

### **3.4. Projeto “Experimenta e brinca com a Física à mistura”.**

O projeto referido, por mim coordenado, foi implementado no âmbito do “Concurso de Ideias do Prémio Fundação Ilídio Pinho – Ciência na Escola”, edição de 2004/2005, e teve um prémio de participação no valor de 500 euros (Anexo 14).

A participação neste projeto teve como principal objetivo comemorar o Ano Internacional da Física e foi desenvolvido com uma turma do 8.º ano, durante todo o ano letivo, e com algumas turmas do 7.º ano, em determinados momentos.

Uma vez que “Luz e visão” é um dos temas em estudo no 8.º ano algumas das atividades enquadram-se nesse tema. Destacam-se as seguintes:

– Fotografias com caixas de sapatos. Esta atividade contou com a participação do professor José Caldas, que deu formação sobre a técnica “pinhole”. “Pinhole” é um processo alternativo de fazer fotografia sem a necessidade de utilizar o equipamento convencional. É utilizada uma “câmara escura” (caixa de sapatos) com um orifício que funciona como uma lente e a imagem é projetada num papel sensível à luz colocado dentro da caixa. No laboratório o papel vai a revelar, surgindo assim o negativo da fotografia a partir do qual se pode fazer o positivo.

Esta atividade permitiu aos alunos do 8.º ano explorar conteúdos lecionados nas aulas relacionados com a luz.



Figura 48 – Fotografia tirada com caixa de sapatos: positivo e negativo.

- Construção de relógios de sol, por alunos do 7.º ano.
- Construção de periscópios e caleidoscópios. Os alunos elaboraram um *kit* para construção de caleidoscópios que foi oferecido a cada uma das turmas do 4.º ano que visitou a nossa exposição.
- Exposição com atividades experimentais. Durante o ano letivo, os alunos pesquisaram, selecionaram e prepararam diversas experiências para mostrar na exposição final, destinada aos alunos da escola e aos alunos do 4.º ano. Para cada uma das experiências foi elaborado um texto com as instruções de utilização, fotografia e respetiva explicação (Anexo 15).

Para a avaliação do projeto, foram utilizados alguns instrumentos, nomeadamente relatórios finais das atividades. A observação direta do empenho dos alunos também constituiu um bom indicador. Uma vez que o projeto foi implementado nas aulas de oficinas, o desempenho dos alunos foi também avaliado segundo os parâmetros que constavam nos seus registos de avaliação: empenho e interesse pelas atividades, autonomia na realização de tarefas e desenvolvimento do gosto pelo saber.

Na implementação do projeto destacou-se, como aspeto positivo, a motivação dos alunos intervenientes para o estudo da disciplina de Ciências Físico-Químicas, o desenvolvimento do gosto pelo saber, da criatividade e da curiosidade. O empenho demonstrado pelos alunos, aliado à disponibilidade para

trabalhar fora dos tempos letivos, o espírito de entreatajuda e a criação de materiais didáticos relacionados com as atividades experimentais, constituíram também pontos facilitadores para a realização do projeto.

### **3.5. Outras atividades**

#### **“Ano Internacional da Química – Há químicos em Lavra”.**

No âmbito das comemorações do Ano Internacional da Química, dinamizei a atividade “Há químicos em Lavra”, realizada no dia 16 de dezembro de 2011, em parceria com outros professores da disciplina e de Ciências Naturais e Ciências da Natureza.

Sensibilizar a comunidade educativa para a importância da química no nosso dia a dia, utilizar a química na interpretação de fenómenos naturais e biológicos, desenvolver o gosto pela ciência e pelas atividades experimentais foram os objetivos desta atividade.

A atividade constou de demonstrações experimentais relacionadas com a química, dando deste modo especial ênfase ao trabalho experimental e à relação da química com as outras ciências. Para cada experiência foi elaborado um texto com um pequeno protocolo e a explicação da experiência (Anexo 16). Simultaneamente decorreu uma pequena exposição sobre temas ligados à Química, nomeadamente sobre a “Química do amor” e sobre a vida e obra de Marie Curie, uma vez que nesse ano também se comemorou o centenário da atribuição do prémio Nobel da Química a esta cientista. A atividade foi dirigida a todos os elementos da comunidade escolar e os encarregados de educação foram convidados a participar. Contou com a colaboração de um grupo de alunos do 9.º ano para a preparação e realização das experiências e com a equipa da biblioteca escolar, da qual eu fazia parte, na conceção dos marcadores e textos para expor (Anexo 17).

Os participantes mostraram-se interessados e participaram com entusiasmo nas atividades.





Figura 49 – Modelos moleculares representativos de moléculas envolvidas na “Química do amor”.



(a)



(b)



(c)

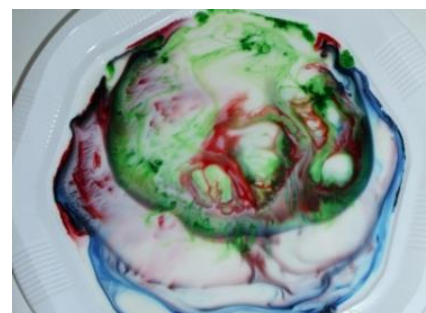
Figura 50 – (a) Trabalhos realizados pelos alunos sobre a vida de Marie Curie; (b) marcadores de livros elaborados pela equipa da biblioteca escolar, (c) exposição sobre a radioatividade e sobre a vida e descobertas de Marie Curie.



(a)



(b)



(c)

Figura 51 – (a) Mostra de experiências, (b) extração do ADN do kiwi, (c) padrões coloridos.

## **Visitas de estudo**

As visitas de estudo permitem que as aprendizagens sejam realizadas num contexto diferente do da sala de aula, constituindo, por isso, uma estratégia muito motivadora para os alunos. Em particular, favorece a aprendizagem, facilita a socialização e promove a ligação entre os conteúdos teóricos e situações mais práticas e do quotidiano.

Uma visita de estudo pode ter diversos objetivos, podendo ser útil para motivar os alunos para o estudo de determinado assunto ou para consolidar conteúdos já abordados. Por isso, ela deve ser bem planificada tendo em conta não só os objetivos mas também o processo de avaliação. A elaboração de um guião de visita também é muito importante pois aí podem ser colocados os aspetos mais relevantes sobre algum assunto a destacar, bem como outras informações pertinentes para a visita de estudo (Anexo 18).

A avaliação da visita de estudo pode não se limitar à observação direta da participação e interesse dos alunos. Os alunos podem ter que responder a questionários, elaborar relatórios da visita ou escrever um texto para publicação no jornal escolar ou no blogue da biblioteca, “Letras à espreita”.

Ao longo destes anos organizei e participei em diversas visitas de estudo, muitas delas em colaboração com outros grupos disciplinares. Enumero algumas delas: Centro de Ciência Viva de Vila do Conde; Centro de Ciência Viva de Aveiro; Museu da Ciência de Lisboa; Museu de Ciência da Universidade de Coimbra; Exploratório de Coimbra; Planetário de Lisboa e do Porto; Visionarium de Vila da Feira; Pavilhão do Conhecimento; Grutas de Mira D’Aire; Museu do Homem (Corunha).

### **“Quem quer ser cientista”**

Este concurso foi realizado nos anos letivos de 2009/ 2010 e 2010/ 2011 pelos professores do Departamento de Matemática e Ciências Experimentais e surgiu com o intuito de oferecer uma atividade que contribuísse para reforçar a motivação e o gosto dos jovens pela escola e pela ciência.



O concurso consta de uma competição interturmas dirigida a todas as turmas, exceto as do 9.º ano, representadas por uma equipa de três elementos, os quais devem responder a questões de escolha múltipla sobre temas das disciplinas que constituem o departamento.

Colaborei na preparação e concretização do concurso com a elaboração de questões de Ciências Físico-Químicas para integrar o *powerpoint* com as questões a colocar aos alunos.

No final foram atribuídos diplomas de participação e prémios à equipa vencedora, por ano de escolaridade.

Os alunos participaram com grande entusiasmo nesta atividade, que contribuiu para o desenvolvimento do sentido de responsabilidade, autonomia, trabalho de equipa e gosto pelas disciplinas envolvidas.

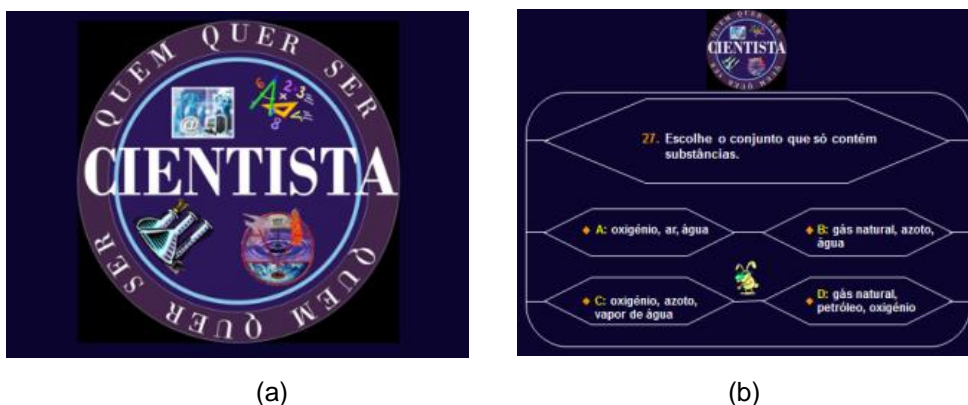


Figura 52 – Imagens do *powerpoint*: (a) slide de apresentação; (b) slide com questões colocadas aos alunos.

### “Observação de astros”

Esta atividade foi realizada nos anos letivos de 2009/ 2010 e 2010/ 2011 pelos professores de Ciências Físico-Químicas, em parceria com a associação de pais da nossa escola e o Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, CAUP.

A atividade constou da visualização de vários astros, recorrendo ao uso de telescópios. A associação de pais ofereceu à escola um telescópio e uma formação no CAUP a um grupo de oito alunos dos 7.º e 8.º anos. Esta equipa de

alunos também participou na dinamização da atividade, nomeadamente na montagem dos telescópios. A explicação ficou a cargo do Dr. Filipe Pires, do CAUP. No final decorreu um convívio entre os presentes para comemorar a inauguração do telescópio.

As atividades dinamizadas em parceria com a associação de pais revelam-se muito profícuas, promovendo uma participação mais ativa dos pais e encarregados de educação.

Os alunos consolidaram e complementaram as aprendizagens adquiridas na sala de aula e desenvolveram competências ao nível do manuseamento do telescópio.

Os participantes envolveram-se com empenho e entusiasmo.



(a)



(b)

Figura 53 – (a) Montagem do telescópio; (b) observação de astros.

### **“Recolha de óleos alimentares usados e laboratório de biodiesel”**

Esta atividade foi por mim dinamizada, no ano letivo de 2008/ 2009, juntamente com outros professores do departamento e em colaboração com a equipa do ambiente e com os alunos de uma turma do 7.º ano. Teve como objetivo promover a recolha de óleos alimentares usados, alertando para os efeitos nefastos da sua eliminação através dos canos. Os alunos levavam para a escola óleo alimentar usado, que era depositado em bidões próprios para o efeito, conforme mostra a figura 53, posteriormente recolhidos por uma pequena empresa que os fazia chegar ao destino. Ao longo de cada mês era registada a

quantidade de óleo que cada aluno levava para a escola, de modo a participar num concurso interturmas (Anexo 19). No final, houve prémios para a turma que maior quantidade de óleo recolheu. A atividade foi alargada aos alunos do 1.º ciclo. Todos participaram ativamente, destacando-se também o empenho dos pais.

Atualmente ainda se efetua na escola a recolha de óleos usados, agora devidamente acondicionados em contentores próprios, contribuindo, deste modo, para uma escola amiga do ambiente.

Simultaneamente decorreu uma apresentação de um “laboratório de biodiesel”, aos alunos do 8.º ano, por um técnico da LIPOR, empresa que presta serviço de gestão de resíduos na área do Porto e parceira da escola em diversas atividades relacionadas com o ambiente. Nesta oficina os alunos aprenderam como transformar o óleo alimentar usado em biodiesel.



(a)



(b)

Figura 54 – (a) Recolha de óleos alimentares usados; (b) laboratório de biodiesel.

## **Capítulo IV - Ações de formação**

Neste capítulo são apresentadas ações de formação creditadas em que participei, organizadas por áreas de especialização, e discutida a sua relevância na melhoria do meu desempenho profissional. São ainda apresentadas outras participações e formações não creditadas consideradas relevantes.

### **4.1. Ações de formação específicas da área disciplinar de Ciências Físico-Químicas**

#### **“Química e qualidade de vida”**

A ação decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, departamento de Química e Bioquímica, de 9 a 12 de julho de 2012, com a duração de 25h (Anexo 20).

Nesta ação de formação foram abordados diversos temas relacionados com a poluição nas pessoas, toxicologia humana e avaliação de riscos para a saúde. Foi também feita uma abordagem à nanoquímica e aos nanomateriais, com a realização de algumas atividades experimentais, facto que tornou a ação muito interessante.

No âmbito da ação foi elaborada, pelo meu grupo de trabalho, uma atividade pratico-laboratorial, “Extração de lípidos a partir da gema de ovo”, que pode ser realizada com os alunos num contexto interdisciplinar, abordando a temática do colesterol.

#### **“Atividades na sala de aula com a calculadora gráfica e sensores, para o 3.º ciclo do Ensino Básico e para o Secundário”**

A ação decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, departamento de Física e Astronomia, de 21 de setembro a 23 de outubro de 2010, com a duração de 25 horas (Anexo 21).

A ação de formação incidu sobre o uso das calculadoras gráficas e dos sensores. A prática laboratorial nesta ação de formação foi predominante e cobriu diversos tópicos programáticos, principalmente do secundário.

Com a inscrição nesta ação de formação pretendi colmatar uma falha sentida no trabalho com calculadoras gráficas e sensores. A nível do ensino básico são poucas as atividades em que pode ser utilizado o material referido. No entanto, a pedido do grupo disciplinar de Ciências Físico-Químicas, a escola onde leciono adquiriu três sensores de movimento e três calculadoras gráficas, para poderem ser utilizados nas aulas do 9.º ano. A necessidade de formação era urgente e a frequência nesta ação revelou-se muito profícua, pois permitiu aplicar quase imediatamente os conteúdos abordados e competências adquiridas no contexto da sala de aula. Nesse período letivo preparei uma atividade prática para realizar com os alunos do 9.º ano, para estudos dos movimentos, que se revelou muito útil para a consolidação das aprendizagens teóricas.

### **“Astronomia – do Sistema Solar à Origem do Universo”**

A ação decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, departamento de Matemática Aplicada, de 5 a 12 de julho de 2010, com a duração de 25h (Anexo 22).

A ação de formação revelou-se de grande importância para a atualização de informação e para o estudo mais aprofundado de determinados assuntos, nomeadamente sobre galáxias ativas, tema do trabalho realizado no âmbito desta ação.

Foi ainda elaborada uma proposta para a realização de uma atividade “Observação de manchas solares”, que se enquadra nos conteúdos programáticos do 7.º ano, no tema “O Universo”. A atividade é relativamente simples e, realizada de uma forma sistemática, permite abordar determinados conceitos e incentivar o trabalho de observação e de registo, tão importante em astronomia. Pretende-se que os alunos façam a observação de manchas solares e o registo das imagens, por um período de uma semana. O registo pode ser feito utilizando um *solarscope*, que é um instrumento didático de observação solar. Caso não estejam reunidas as condições necessárias para as observações, nem

exista um *solarscope* na escola, as imagens do Sol podem ser obtidas através do endereço [sohowww.nascom.nasa.gov](http://sohowww.nascom.nasa.gov). Este site disponibiliza imagens diárias do Sol, obtidas através da sonda *SOHO*. As imagens podem ser gravadas e imprimidas, por exemplo, num acetato, para se poder comparar a localização das manchas sobrepondo os acetatos.

A atualização de informação e a elaboração de uma proposta de atividade a aplicar aos alunos contribui para a melhoria do meu desempenho profissional, o que se reflete na melhoria das aprendizagens por parte dos alunos.

### **“Experiências divertidas em Química”**

A ação decorreu na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, departamento de Química, de 19 a 23 de junho de 2006, com a duração de 25h (Anexo 23).

Esta ação de formação consistiu na realização de diversas atividades experimentais motivadoras e divertidas. Foi muito profícua, pois permitiu realizar essas experiências nas aulas e em mostras de ciência diversas. A preparação de “bolas pinchonas” e a “cristalização do acetato de sódio” constituem dois bons exemplos, além de serem ambas muito apelativas, a segunda pode ser explorada de um modo mais aprofundado, permitindo consolidar diversos conteúdos e procedimentos experimentais. Estando o aluno motivado, a aprendizagem é mais eficaz.

Não poderia deixar de fazer referência a uma atividade experimental, “A arte de fotografar no laboratório” [27], a partir da qual foi elaborada a receita para a preparação da solução reveladora para impressão de cianótipos, referida no capítulo II deste relatório.

### **“Perspetivas cognitivas no ensino da Física”**

Promovida pelo CEFORG - Centro de Formação de Professores Rui Grácio, decorreu na Escola Secundária Fontes Pereira de Melo, de 7 de setembro a 20 de dezembro de 1996, com a duração de 50h (Anexo 24).

Esta ação de formação, muito centrada nos métodos de ensino e no modo como o aluno processa o conhecimento, contribuiu muito para a minha prática letiva. A clarificação de conceitos quanto à perceptibilidade pelos alunos, a criação de situações de aprendizagem, a planificação letiva segundo a perspetiva de vários autores, foram alguns dos temas tratados.

### **“Didática da Física e da Química”**

Promovida pelo PROfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, decorreu na Escola Secundária Augusto Gomes, de 27 de junho a 16 de julho de 1996 e teve a duração de 30h (Anexo 25).

Uma abordagem ao ensino da física e da química num contexto de trabalho experimental foi a base desta ação, focando aspectos relacionados com a segurança no laboratório e a realização de experiências com materiais improvisados. A partilha de experiências foi um dos aspectos mais marcantes, assim como a conceção e execução das experiências do trabalho final, contribuindo para a melhoria do meu desempenho profissional.

### **Outras participações (Anexo 26)**

Participação na palestra, “O que faz Einstein na minha sala de estar?”, proferida pelo Professor Doutor João Lopes dos Santos, promovida pela Escola Secundária João Gonçalves Zarco, 19 de outubro de 2005, no âmbito das comemorações dos 50 anos da Escola.

Participação no Encontro de Professores realizado na Universidade do Minho, no âmbito das comemorações do Ano Internacional da Física, 2005, “O ensino da Física nas escolas – situação e perspetivas”, 21 de janeiro de 2005

“Curso de formação em Astronomia”, Centro de Astrofísica da Universidade do Porto, a 7 de abril de 2003.

Participação na “Semana da Cultura Científica” – dia da Física e dia da Astronomia, Câmara Municipal do Porto, Biblioteca Almeida Garret, 19 a 24 de novembro de 2001.

## **4.2. Ações de formação em TIC**

### **“Competências digitais (nível 1)”**

A ação decorreu na Escola Básica Dr. José Domingues dos Santos, de 10 de janeiro a 20 de março de 2010, foi promovida pelo Centro de Formação de Associação das Escolas de Matosinhos, teve a duração de 15h e foi realizada no âmbito do Sistema de Formação e Certificação de Competências TIC (Anexo 27).

Hoje em dia tem cada vez mais relevância a utilização das TIC<sup>11</sup> no contexto educativo. Ao abrigo do PTE<sup>12</sup>, as escolas foram apetrechadas com equipamentos informáticos e multimédia, havendo uma utilização mais generalizada dos mesmos em contexto de aprendizagem, possibilitando a implementação de metodologias/didáticas suportadas por instrumentos TIC inovadores e facilitadores das aprendizagens.

A formação dos professores é essencial para que haja uma correta e eficaz utilização dos recursos e é fundamental para promover a mudança de práticas na escola e enfrentar os desafios com que as mesmas são hoje confrontadas.

As TIC constituem uma ferramenta ao serviço do processo de ensino aprendizagem e um instrumento que permite resolver problemas, desenvolver projetos, aceder à informação e transformá-la. Constituem também um meio de comunicação à distância e uma ferramenta para o trabalho colaborativo, possibilitando novas formas de interação. Favorecem a articulação entre diferentes áreas do saber e proporcionam um aprofundamento de determinados assuntos e facilitando novas oportunidades aos professores ao nível da estruturação das atividades e da metodologia de ensino.

A frequência desta ação de formação permitiu melhorar as minhas competências digitais, nomeadamente na utilização do processador de texto, na utilização das funcionalidades básicas da folha de cálculo, na melhoria da

---

<sup>11</sup> Tecnologias da informação e comunicação

<sup>12</sup> Plano tecnológico da educação



apresentação dos trabalhos, na melhoria da utilização do Microsoft Office Picture Manager. Como professora de Ciências Físico-Químicas estas aprendizagens são de grande utilidade pois recorro com muita frequência a imagens para preparação das aulas, à construção de gráficos e utilização de programas de simulações na internet.

Considero que a frequência nesta ação de formação foi muito enriquecedora e foi de encontro às minhas expectativas.

### **Outras participações**

“Plataforma Moodle”, dinamizada pela Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos, sob orientação das professoras Ângela Gomes e Paula Porto, de 2 de janeiro a 16 de março de 2010, com a duração de 8 horas.

“Aplicações do Excel em Contexto Educativo”, dinamizada pela Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos e pelo núcleo de estágio de Matemática da Universidade Lusíada, sob orientação do mestre Joaquim José Gonçalves, realizada nos dias 26 e 31 de janeiro e 2 de fevereiro de 2005.

### **4.3. Ações de formação em prática e investigação pedagógica**

A atuação do professor na escola não se limita à prática docente. Ao longo do meu percurso profissional desempenhei diversos cargos nas estruturas da escola e em órgãos de gestão, facto que me levou a procurar formação com o intuito de melhorar o meu desempenho profissional e a enriquecer o conhecimento.

Todas as ações abaixo enumeradas contribuíram para um melhor desempenho nos cargos de diretora de turma, coordenadora do departamento de Ciências Físicas e Naturais, representante do grupo disciplinar de Ciências Físico-Químicas e presidente do conselho geral. Além disso, contribuíram para uma participação mais ativa na conceção, desenvolvimento e avaliação de documentos institucionais e orientadores da vida na escola, tais como o projeto

educativo, plano de atividades, projeto curricular de turma, regulamento interno, entre outros.

### **“Desenvolver e avaliar competências no ensino básico e secundário”**

Promovida pelo PRÒfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, decorreu na Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos, de 11 de julho a 15 de setembro de 2005, com a duração de 25h (Anexo 28).

### **“Projetos Educativos – Organização”**

Promovida pelo PRÒfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, decorreu na Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos, de 14 de fevereiro a 27 de junho de 2001, com a duração de 50h (Anexo 29).

### **“Projetos Curriculares Flexíveis”**

Promovida pelo PRÒfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos, de 25 de janeiro a 13 de julho de 2000, com a duração de 50h (Anexo 30).

### **“Gestão das relações interpessoais na escola”**

Promovida pelo PRÒfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos, de 21 de setembro a 15 de outubro de 1998, com a duração de 50h (Anexo 31).

### **“Projeto Educativo de Escola – instrumento de planeamento e autonomia”**

Promovida pelo PRÒfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos, Escola Secundária Augusto Gomes, de 18 de setembro a 28 de novembro de 1997, com a duração de 50h (Anexo 32).



## Capítulo V - Conclusões

Aprofundar conceitos relacionados com a química envolvida no processo de formação da imagem, nos cianótipos, e a vontade de desenvolver uma atividade experimental relacionada com este tema, constituíram o mote para a realização da parte científica do trabalho que aqui se apresenta.

A leitura de um artigo publicado num boletim da Sociedade Portuguesa de Química “Faça-se luz: a revelação de um azul” [33] foi o início de um processo de procura de respostas concretizado com a realização deste trabalho.

Abordar conceitos que sustentam a explicação para a formação da imagem, nos cianótipos, estudar a história da descoberta do azul da prússia, o modo como é preparado, a sua estrutura e aplicações recentes, proporcionou a atualização e o aprofundamento de conhecimento relevante para o desempenho profissional.

A realização de uma atividade experimental permitiu desenvolver competências de intervenção educativa.

Os projetos considerados relevantes apresentados neste relatório constituem uma evidência de uma participação ativa na vida da escola e proporcionam aos alunos situações de aprendizagem diversificadas, contribuindo para a promoção do sucesso educativo.

A formação adquirida ao longo de todo o percurso profissional e a participação na vida da escola constituíram espaços de formação partilhados e de troca de experiências.

Por último, refere-se este trabalho, realizado com muito entusiasmo e empenho, como um enorme contributo para o aperfeiçoamento do desempenho profissional e para um enriquecimento pessoal face às constantes descobertas que o mundo nos sugere.



## Referências bibliográficas

- [1] Galvão, C., Neves, A., Freire, A., Lopes, A. Santos, M., Vilela, M., Oliveira, M. Pereira, M. (2001). *Orientações Curriculares 3.º ciclo do ensino básico – Ciências Físicas e Naturais*. Portugal: Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica. Acesso em 13 de junho de 2013, disponível em <<http://www.dgidc.min-edu.pt/ensinobasico/index.php?s=directorio&pid=51>>.
- [2] Fiolhais, C., Ferreira, A. J., Constantino, B., Portela, C., Braguez, F., Ventura, G., Nogueira, R., Rodrigues, S. (2013). *Metas Curriculares do 3.º ciclo do Ensino Básico, Ciências Físico-Químicas*. Portugal: Ministério da Educação e Ciência. Acesso em 13 de junho de 2013, disponível em <<http://www.dge.mec.pt/index.php?s=noticias&noticia=396>>.
- [3] Martins, I.P., Costa, J., Lopes, J., Simões, M., Ribeiro-Claro, P., Simões, T. (2004). *Programa de Química 12.º ano, Curso Científico-Humanístico de Ciências e Tecnologias*. Portugal: Ministério da Educação, Direção Geral de Inovação e de desenvolvimento Curricular. Acesso em 13 de junho de 2013, disponível em <<http://www.dgidc.min-edu.pt/ensinosecundario/index.php?s=directorio&pid=2>>.
- [4] Chang, R.(2010). *Chemistry*. (10.ª ed.). New York: McGraw-Hill
- [5] Chang, R.(1994). *Química*. (5.ª ed.). Portugal: McGraw-Hill.
- [6] Russel, J. B. (1982). *Química Geral*. S. Paulo: McGraw-Hill.
- [7] Caldeira, C., Valadares, J., Neves, M., Vicente, M., Teodoro, V. (2003). *Sustentabilidade na Terra (Ciências Físicas e Naturais, componente de Ciências Físico-Químicas, 3.º ciclo do ensino básico)*. (1.ª ed.). Lisboa: Didáctica Editora.
- [8] Don Rittner, D., Bailay, R. A. (2005). *Encyclopedia of Chemistry*. New York: Facts on File, 19, 20.

- [9] Moore, J.W., Stanitski, C.L., Jurs, P.C. (2010). *Principles of Chemistry - The Molecular Science*. USA: Brooks/ Cole
- [10] Simões, T. S., Queirós, M.A., Simões, M. O. (2005). *Química em Contexto 1. Metais e Ligas Metálicas, Química 12.º ano*. Porto: Porto Editora.
- [11] Ferricianeto de potássio. Acesso em 20 de novembro, disponível em <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ferricianeto\\_de\\_pot%C3%A1ssio](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ferricianeto_de_pot%C3%A1ssio)>
- [12] Ware, M. J. (2008). Prussian Blue: Artists' Pigment and Chemists' Sponge. *J. Chem. Educ.*, 85 (5), 612-620.
- [13] A Grande Aventura da Química. Acesso em 15 de janeiro de 2013, disponível em <[http://www.spq.pt/boletim/docs/BoletimSPQ\\_085\\_023\\_07.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/BoletimSPQ_085_023_07.pdf)>.
- [14] Bonnette, Jr. A. K. (1981). Isotopic Exchange in Prussian Blue. *J. Chem. Educ.*, 58 (4), 355.
- [15] Kirby, J. & Saunders, D. (2004). Fading and Colour Change of Prussian Blue: Methods of Manufacture and the Influence of Extenders. *National Gallery Technical Bulletin*, 25. Acesso em 2 de setembro de 2013, disponível em <[http://www.nationalgallery.org.uk/upload/pdf/kirby\\_saunders2004.pdf](http://www.nationalgallery.org.uk/upload/pdf/kirby_saunders2004.pdf)>.
- [16] Modelo do azul da prússia. Acesso em 19 de setembro de 2013, disponível em <<http://www.chemeddl.org/resources/models360/solids.php#prussian>>.
- [17] Ludi, A. (1981). Prussian Blue, an Inorganic Evergreen. *J. Chem. Educ.* 58 (12), 1013.
- [18] Orna, M. V. (1978). The Chemical Origins of Color. *J.Chem.Educ* 55 ( 8), 478-484.

- [19] Ritter, S.K. (2005). Prussian Blue Still a Hot Topic. Tiicentennial of inorganic pigment celebrated with broad discussions on metal-cyanide chemistry. *Chem. Eng. News*. 83 (18), 32-35.
- [20] Karyakin, A.A. (2001) Prussian Blue and Its Analogues: Electrochemistry and Analytical Applications. *Electroanalysis*, 13 (10), 813-819.
- [21] Kandanapitiye, M. S., Valley, B., Yang, L. D., fry, A. M., Woodward, P. M. & Huang, S. D. (2013). Gallium Analogue of Soluble Prussian Blue  $\text{KGa}[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot n\text{H}_2\text{O}$ : Synthesis, Characterization, and Potential Biomedical Applications. *Inorg. Chem.*, 52, 2790-2792.
- [22] Yamamoto, T., Saso, N., Umemura, Y., Einaga, Y. (2009). Photoreduction of Prussian Blue Intercalated into Titania Nanosheet Ultrathin Films. *J. Am. Chem. Soc.*, 131 (37), 13196-13197.
- [23] Center of Disease Control and Prevention. Acesso em 15 de dezembro de 2012, disponível em <<http://www.bt.cdc.gov/radiation/prussianblue.asp>>.
- [24] Stamstag, T. (2000). Norway's radioactive reindeer. Acesso em 15 de dezembro de 2012, disponível em <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/1086547.stm>>.
- [25] Oliveira, M. A. Como fazer um Cianótipo, Explorando um processo histórico e alternativo de fotografia.
- [26] Herschel, J. (1842). On the Action of the Rays of the Solar Spectrum on Vegetable Colours, and on Some New Photographic Processes. *Philosophical Transactions oh the Royal Society of London*, 132.
- Acesso em 27 de dezembro de 2012, disponível em <<http://ia600507.us.archive.org/24/items/philtrans01986954/01986954.pdf>>.



[27] Ocean Flowers: Anna Atkins's Cyanotypes of British Algae. *Digital Gallery, New York Public Library, Collection guides*. Acesso em 13 de abril de 2013, disponível em

<[http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/explore/dgexplore.cfm?topic=all&col\\_id=188](http://digitalgallery.nypl.org/nypldigital/explore/dgexplore.cfm?topic=all&col_id=188)>.

[28] O Património Histórico da Escola Secundária Maria Amália Vaz de Carvalho. Acesso em 11 de abril 2013, disponível em <[http://www.esec-m-a-vaz-carvalho.rcts.pt/data/patrimonio/colecao\\_de\\_plantas\\_alcados\\_e\\_cortes.pdf](http://www.esec-m-a-vaz-carvalho.rcts.pt/data/patrimonio/colecao_de_plantas_alcados_e_cortes.pdf)>.

[29] Ware, M. The Traditional Cyanotype Process. Acesso em 20 de novembro de 2012, disponível em <<http://www.mikeware.co.uk/mikeware/main.html>>.

[30] Mateus, N. (2006). Experiências Divertidas em Química. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Formação Contínua, Ação de formação CCPFC/DC – 3283/05.

[31] Ware, M. The New Cyanotype Process. Acesso em 20 de novembro de 2012, disponível em <<http://www.mikeware.co.uk/mikeware/main.html>>.

[32] Abrahamson, H. B. (2001). The Photochemical Basis of Cyanotype Photography. *J. Chem. Educ.*, 78 (3), 311.

[33] Faça-se luz: a revelação de um azul. Consultado em 13 de abril de 2013, disponível em <[http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ\\_088\\_999\\_10.pdf](http://www.spq.pt/boletim/docs/boletimSPQ_088_999_10.pdf)>.

[34] Lawrence, G. D.; Fishelson, S. (1999). Blueprint Photography by the Cyanotype Process. *J. Chem. Educ.*, 76 (9), 1216A-1216B.

[35] Classroom Activity Extension (2008). Using “blueprint Photography by the Cyanotype Process”. *J. Chem. Educ.*, 85 (5), 621.

[36] Informações sobre segurança dos reagentes. Acesso em 16 de novembro de 2012, disponível em <<http://www.sigmaaldrich.com/technical-service-home/product-catalog.html>>.

.

[37] Photographers' Formulary New Cyanotype Kit. Acesso em 14 de agosto de 2013, disponível em <[http://www.bhphotovideo.com/c/product/170360-REG/Photographers Formulary 07 0095 New Cyanotype Kit.html](http://www.bhphotovideo.com/c/product/170360-REG/Photographers_Formulary_07_0095_New_Cyanotype_Kit.html)>.

[38] Tedco 8" X 10" Sun Art Paper Kit - 15 sheets. Acesso em 14 de agosto de 2013, disponível em <<http://www.amazon.com/Tedco-Sun-Art-Paper-Kit/dp/B002KSKTG0>>

.



## **Apêndices**



## Apêndice 1. Manual de instruções para *kit* de cianótipos

### **KIT para CIANÓTIPOS/ Manual de instruções**

#### **Advertências gerais**

- A utilização deste *kit* deverá ser supervisionada por um adulto.
- Manter fora do alcance das crianças pequenas.

#### **Conteúdo**

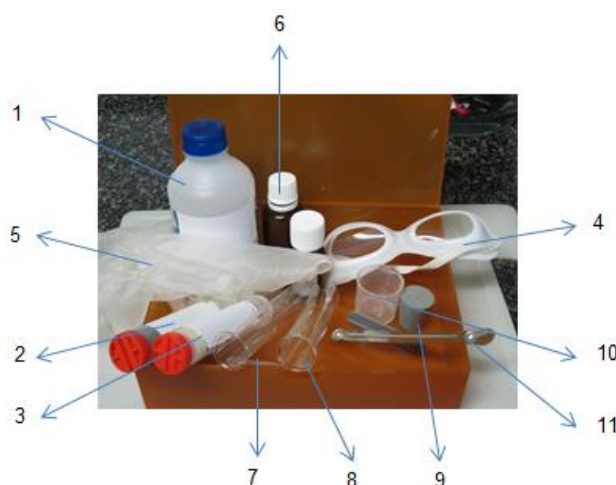


Figura 1 – Material que compõe o *kit*.

N.º	Descrição	Quantidade
1	Água desionizada	1
2	Hexacianoferrato (III) de potássio (sólido vermelho)	1
3	Citrato de amônio e ferro (III) (sólido verde)	1
4	Óculos de proteção	1
5	Luvas de proteção	2
6	Frasco castanho para guardar as soluções	3
7	Vareta	1
8	Tubo de ensaio	3
9	Rolha de borracha	3
10	Copo graduado	1
11	Espátula	1
	Pincel	1
	Papel de aguarela 10x14 cm	10
	Base para impressão em cartolina	1
	Moldes para impressão	
	Negativos para impressão	

### Regras básicas de segurança

- Ler atentamente todas as instruções antes de iniciar a experiência.
- Cumprir as regras de segurança na utilização dos materiais e dos produtos químicos.
- Usar óculos de proteção e luvas na preparação das soluções.
- Fechar bem os frascos com os produtos químicos.
- Não comer nem beber enquanto realizar a experiência.
- Realizar a experiência num local livre de obstáculos e, no final, deixar o local limpo e arrumado e o material guardado.

### Informações de seguranças sobre os produtos


No manuseamento dos reagentes para preparar as soluções usar óculos de proteção e luvas.

Nas tabelas que se seguem estão indicadas as informações de segurança sobre os reagentes utilizados na experiência.

Informação de segurança sobre o hexacianoferrato (III) de potássio.

Nome	Hexacianoferrato (III) de potássio
Pictograma de perigo	-
Palavra-sinal	-
Advertências de perigo	-
Recomendações de prudência	-
Informação suplementar sobre riscos	Liberta gases muito tóxicos em contacto com ácidos. Evitar o contacto com os ácidos.

Informação de segurança sobre o citrato de amônio e ferro (III).

Nome	Citrato de amônio e ferro (III)
Pictograma de perigo	
Palavra-sinal	Atenção
Advertências de perigo	H315, H319, H335
Recomendações de prudência	P261
Resposta	P305+P351 +P338
	Provoca irritação cutânea e ocular grave. Pode provocar irritação das vias respiratórias. Evitar o contacto com o sólido e o pó. Usar roupa adequada (luvas e óculos).

## O equipamento

Este kit de experiências contém dois químicos que permitem preparar 40 mL de uma solução reveladora fotossensível e sensibilizar aproximadamente vinte folhas de papel de aquarela 10x14 cm para produzir cianótipos.

### Experiência: Cianótipo - a revelação de um azul

Esta experiência ilustra uma reação química ativada pela luz (luz do sol ou radiação ultra-violeta). No cianótipo a imagem forma-se com o aparecimento do *azul da prússia* por exposição de sais de ferro sensíveis à luz.

## Sobre os cianótipos

O cianótipo é uma impressão fotográfica em que a revelação se faz com a formação do *azul da prússia*. A palavra deriva do grego *ciano* (azul escuro) e *tipo* (impressão).

O processo tradicional para a elaboração dos cianótipos foi inventado acidentalmente em 1842 por Sir John Herschel (1792-1871) a partir de sais de



ferro sensíveis à luz. Foi utilizado em ateliês gráficos e de arquitetura para reprodução de imagens, técnica também conhecida por *blueprint*. Anna Atkins (1799-1871), botânica inglesa, utilizou esta técnica para produzir herbários e publicou o primeiro livro de fotografia utilizando a cianotopia.

A cianotopia, processo para elaborar cianótipos através da reprodução de imagens, é relativamente simples e segura, e a técnica é versátil. Nos dias de hoje é utilizada como técnica alternativa de impressão fotográfica por fotógrafos e artistas.

O azul da prússia, de nome químico hexacianoferrato (II) de ferro (III), também foi sintetizado por acaso por um fabricante de tintas de nome Diesbach, em 1704, em Berlim. Desde então tem sido um composto muito estudado não só como pigmento, mas como um composto com aplicações em diversas áreas, devido à sua estrutura cristalina.

## Procedimento

### Preparar a solução reveladora fotossensível

**Segurança:** utilizar os óculos e as luvas para a realização das etapas que se seguem.

#### 1.º passo: **preparar a solução A**

- Transferir o conteúdo do frasco de hexacianoferrato (III) de potássio (2g) para um dos tubos de ensaio.
- Adicionar 20 mL de água desionizada ao tubo de ensaio e agitar cuidadosamente com uma vareta a solução até à dissolução completa do sólido.
- Guardar a solução num frasco escuro, devidamente rotulado.

#### 2.º passo: **preparar a solução B**

- Transferir o conteúdo do frasco de citrato de amónio e ferro (III) (3,6g) para outro tubo de ensaio.

- adicionar 20 mL de água desionizada ao tubo de ensaio e agitar cuidadosamente com uma vareta a solução até à dissolução completa do sólido.
- Guardar a solução num frasco escuro, devidamente rotulado.

### 3.º passo: **preparar a solução reveladora A + B**

Esta etapa deve ser efetuada numa zona escurecida da sala.

- misturar 10 mL de cada uma das soluções A e B num recipiente.

Nota: se sobrar solução, poderá ser guardada num frasco escuro.

### Sensibilizar o papel para impressão

A sensibilização do papel deve ser efetuada numa zona com pouca luz. Pintar o papel com a solução reveladora, deixar secar e guardar num local escuro, não mais do que 48 horas. O papel deverá ficar verde amarelado.

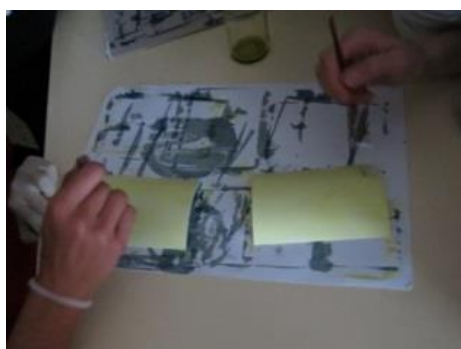


Figura 2 – Sensibilização do papel com a solução reveladora.

### Preparar a composição a imprimir no papel

Os dois métodos mais comuns para formar a imagem num cianótipo são:  
– método de impressão por contacto, utilizando um negativo que se coloca por cima do suporte, o que vai originar uma imagem positiva;

- fotograma, em que é colocado um objeto diretamente sobre o papel sensibilizado, ficando a imagem registada no papel.



Figura 3 – (a) método de impressão por contacto; (b) fotograma.

### Expor o papel à luz

A melhor fonte de luz é o sol. Também pode ser utilizada outra fonte de radiação UV. Os tempos de exposição variam conforme a intensidade da radiação e podem variar com a latitude do lugar, com a estação do ano, hora do dia e outras condições atmosféricas. Quando o papel mudar a sua cor de esverdeado para tons de azul acinzentado, é sinal de que a impressão está pronta.



Figura 4 – Exposição do papel à luz.

### Lavar e secar

A lavagem deve ser feita com água corrente até que todo o excesso da solução reveladora que não foi exposta ao sol seja removida. Depois, deixar secar num local à sombra. Com a lavagem o cianótipo adquire o seu tom azul definitivo.



(a)

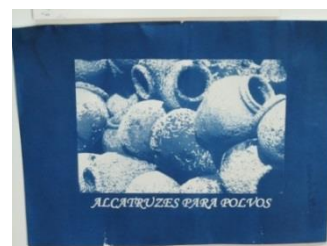


(b)

Figura 5 – (a) Lavagem; (b) secagem.

### Produto final

Seguem-se imagens de alguns cianótipos. A técnica pode ser experimentada noutros suportes (tecido, madeira).





## **Anexos**



## Anexo 1. Procedimento para a preparação da solução reveladora

### Aula 2 - A arte de fotografar no laboratório



#### Material e reagentes

- hexacianoferrato(III) de potássio
- citrato de amónio e ferro(III)
- cloreto de sódio
- nitrato de prata
- fita de magnésio
- 2 gobelés de 250ml
- 2 matrases de 250ml
- 1 proveta de 100ml
- 1 tina de vidro
- cápsulas de Petri
- 2 pinças
- papel de filtro

#### Experiência nº 1

##### 1) Preparação da solução reveladora

Para preparar a solução sensível à luz, use luvas e óculos de protecção.

Pese 5g de hexacianoferrato(III) de potássio para um gobelé de 250ml. Pese 9g de citrato de amónio e ferro(III) para outro gobelé de 250ml. Coloque 50ml de água desionizada em cada um dos gobelés. Agite, cuidadosamente, com uma vareta de vidro cada uma das soluções até à dissolução total dos sólidos. A



solução só ficará sensível à luz quando, no passo seguinte, misturar o conteúdo dos dois gobelés.

### 2) Preparação do papel fotográfico

Atenção: Esta etapa deve ser efectuada numa zona escura do laboratório.

Misture o conteúdo dos dois gobelés preparados no passo 1 colocando a mistura numa tina. Coloque uma folha de papel na tina o tempo suficiente para humedecer o papel, mas não o deixe ficar embebido! O papel deve ficar verde-azulado. Pendure-o e deixe-o a secar.

### 3) Realização das fotografias

Atenção: Esta etapa deve ser efectuada numa zona do laboratório com muita luz.

Encoste o papel preparado no passo 2 contra a janela. Coloque um objecto sobre o papel e deixe-o à luz durante uns momentos. O papel exposto à luz ficará azul, ao passo que o papel recoberto pelo objecto permanecerá verde. Quando achar que a mudança de cor já é suficiente, retire o objecto e o papel. Lave o papel com água; este procedimento irá eliminar a cor verde da silhueta do objecto mantendo a coloração azul do resto do papel. Deixe secar o papel e aprecie a fotografia efectuada!

## Experiência nº 2

### 1) Preparação das soluções

Prepare uma solução de NaCl 0,5M (100ml) e outra de AgNO<sub>3</sub> 0,1M (100ml).

### 2) Preparação do filme fotográfico

## Anexo 2. Cartaz de divulgação da “Oficina de cianótipos”

# CIA do AGRUPAMENTO

## 17 de MAIO

### OFICINA de CIANÓTIPOS



O **CIANÓTIPO** é uma **impressão fotográfica** em que a revelação se faz com a formação do **azul da prússia**, por exposição à luz solar de sais de ferro sensíveis à luz.

**PARTICIPAM**

Sala | CN1

Horário | 15h – 15h.30 e 15h.30 – 16h.00



Escola Básica Dr. José Domingues dos Santos

Organização | Colecção Física-Química, Colecção Naturalis

8.º B

[illegible]

### Anexo 3. Declaração de participação em projetos/ atividades



GOVERNO DE  
PORTUGAL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
E CIÊNCIA

Agrupamento de Escolas Dr. José Domingues dos Santos, Matosinhos - 150393  
Escola Básica Dr. José Domingues dos Santos, Cabanelas, Matosinhos - 344187

#### DECLARAÇÃO

Maria Isabel Moreira dos Santos, Diretora do Agrupamento de Escolas Dr. José Domingues dos Santos, declara, para os devidos efeitos, que Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira coordenou e dinamizou, juntamente com outros professores, os projetos/ atividades que a seguir se enumeram.

Por ser verdade e me ter sido pedida, mandei passar a presente declaração, que assino, e que vai ser autenticada com o selo branco desta escola.

- Projeto “Energia – onde estamos, para onde vamos?” e concurso “O ambiente é de todos, vamos usar bem a energia.” (2009/ 2010)
- “Um dia na minha nova escola – receção aos alunos do 4.º ano”. (anualmente)
- Projeto “Química com todos e para todos”, implementado no âmbito do “Concurso de Ideias do Prémio Fundação Ilídio Pinho – Ciência na Escola”, edição de 2003/2004, com um prémio de participação no valor de 1000 euros, sendo 500 euros fornecidos pela fundação e 500 euros pela Câmara Municipal de Matosinhos.
- Projeto “Experimenta e brinca com a Física à mistura”, implementado no âmbito do “Concurso de Ideias do Prémio Fundação Ilídio Pinho – Ciência na Escola”, edição de 2004/2005, com um prémio de participação no valor de 500 euros.
- “Ano Internacional da Química – Há químicos em Lavra”. (2011)
- “Quem quer ser cientista”. (2009 – 2010; 2010 – 2011)
- “Observação de astros”. (2009 – 2010; 2010 – 2011)
- Recolha de óleos alimentares usados e laboratório de biodiesel”. (2008 – 2009)
- Visitas de estudo diversas.

Lavra, 18 de outubro de 2013

A Diretora

(Maria Isabel Moreira dos Santos)

Rua da Cruz - Cabanelas – 4455 -112 LAVRA  
Telef: 229996990 Fax: 229996994 E-mail: secretaria@aelavra.pt

#### Anexo 4. Marcadores de livros



## Anexo 5. Cartazes de divulgação de palestras e *workshop*

# **Palestra**

# **Energia Solar**

**Dia 19 de Abril**

**Público alvo:** 7.º B, 8.º A, 8.º B, 8.º C e 8.º D  
**Orador:** Engenheiro Manuel Paulo Ribeiro  
[www.enersie.com](http://www.enersie.com)  
**Engenharia e Gestão de Recursos Energéticos**  
Actividade realizada no âmbito do projecto “Energia – onde estamos, para onde vamos?”

# **Workshop**

# **Construção de Fornos Solares**

**Dia 21 de Abril**

**Público alvo:** 7.º B, 8.º A, 8.º B, 8.º C e 8.º D  
**Monitora:** Engenheira Dina Marques  
Actividade realizada no âmbito do projecto “Energia – onde estamos, para onde vamos?”

# PALESTRA

# ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

**Dia 16 de Junho**  
**Às 14h 30min**  
**Auditório da Escola Básica de Lavra**

**Pelos engenheiros José Manuel Pereira e Paulo Cruz**

Actividade realizada no âmbito do concurso “O ambiente é de todos – vamos usar bem a energia.”



O ambiente é de todos.  
vamos usar bem a energia



## Anexo 6. Ficha informativa sobre lâmpadas

Escola Básica de Lavra

Projecto Energia – “Onde estamos? Para onde vamos?”

Ficha Informativa - Lâmpadas

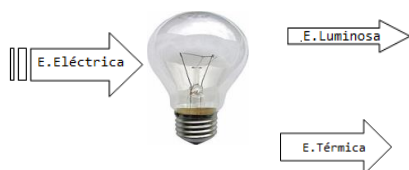
### Lâmpada Incandescente *versus* Lâmpada Economizadora

#### LÂMPADA INCANDESCENTE



-Inventada por Thomas Edison, em 1879, há 130 anos. Nesta lâmpada, a corrente eléctrica atravessa um filamento de tungsténio e torna-o incandescente, produzindo luz.

-Apenas o equivalente a cinco por cento da energia eléctrica consumida é transformado em luz, sendo o restante perdido em calor, razão pela qual ficam muito quentes.



-Baixo rendimento energético quando comparado com as LFC (fluorescentes compactas).

- Duração média: 1000 horas.

-Potências elevadas, o que implica elevado consumo de energia.

-Estas lâmpadas são recomendadas para curtos períodos de funcionamento, sendo também as de menor custo.

-A União Europeia vai retirar do mercado este tipo de lâmpadas até 2012. O processo foi iniciado em Setembro deste ano, com a retirada das lâmpadas de 100W.

#### LÂMPADA ECONOMIZADORA – LÂMPADA FLUORESCENTE COMPACTA



-As lâmpadas fluorescentes tubulares funcionam de modo diferente das incandescentes: precisam de um arrancador para funcionar e são lâmpadas de descarga de gás, pelo que a corrente eléctrica passa através de um gás e não de um filamento (como nas incandescentes).

-Duração média: 6 anos - com uma duração média de 6000 h.

-Aplicações: iluminação base; iluminação para escritório, sala de jantar e leitura.

-Até 80% menos consumo de energia do que as incandescentes convencionais.

-Cada lâmpada economizadora pode reduzir até 80% as emissões de CO<sub>2</sub>.

-As lâmpadas economizadoras pertencem às classes energéticas A ou B, as incandescentes são das classes E ou F.



-No fim de vida de uma lâmpada fluorescente, não a deitar no lixo (é muito tóxica, por conter mercúrio). Deve ser entregue na loja onde se vai comprar uma nova ou depositá-la num ecocentro para reciclagem.

-O orçamento familiar vai melhorar – e o ambiente vai beneficiar!

## Campanha de troca de lâmpadas nas escolas

A nossa escola está a participar numa campanha de troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras de energia. A campanha de troca de lâmpadas está inserida no Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética e que pretende promover a substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas economizadoras. É uma acção da responsabilidade do Ministério da Economia e da Inovação e do Ministério da Educação, com o apoio do Fundo de Apoio à Inovação e da EDP.

### O fim das lâmpadas incandescentes

#### União Europeia vai retirar o produto do mercado em três anos

A União Europeia vai retirar do mercado este tipo de lâmpadas até 2012. O processo foi iniciado em Setembro deste ano, com a retirada das lâmpadas de 100W.

Em Setembro de 2010, desaparecerão do mercado as lâmpadas de mais de 75 watts e um ano depois irão retirar-se as de 60 watts, para finalmente proceder à eliminação total até 2012, tal como aprovou a UE.

Com esta medida prevê-se que um milhão de toneladas de CO<sub>2</sub> deixe de ser emitido na atmosfera até 2020 e a poupança de cinco a dez milhões de euros em toda a UE. Os consumidores poderão adoptar por lâmpadas de nova geração, sejam estas de halógeno, fluorescentes compactas, etc.

### Porquê trocar de lâmpadas?

A iluminação da casa representa cerca de 10% dos gastos em electricidade. Ao substituir as lâmpadas incandescentes por economizadoras poupa na factura da energia. Muitos consumidores resistem a esta mudança, sobretudo pelo preço. Enquanto a incandescente custa cerca de € 1, uma fluorescente compacta pode custar mais de 5 euros. Porém, o seu uso compensa o investimento inicial. Além disso, as incandescentes começaram a desaparecer do mercado, em Setembro de 2009.

A eficiência energética e o tempo de vida das compactas tornam-nas realmente economizadoras: por cada incandescente que substituir poupa até € 9 por ano. Se multiplicar este valor pela quantidade de lâmpadas de casa e pelo tempo de vida (6 ou até 12 anos), a poupança é considerável. Se substituir 6, por exemplo, poupa mais de € 300, ao fim de 6 anos.

### Mais informações ...

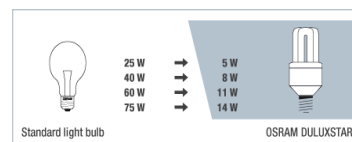
**Correspondência de potências** - Nas lâmpadas fornecidas para a campanha, a potência de 14W da fluorescente compacta corresponde a 75 W da incandescente.

#### Díodos Emissores de Luz (LEDs)

A redução do consumo de energia eléctrica na iluminação passa




indiscutivelmente pela utilização de LEDs. Este facto é afirmado tanto por investigadores como pelas empresas produtoras. No entanto, a utilização desta tecnologia no sector residencial ainda não é viável, muito devido ao elevado custo inicial dos LEDs.

Contudo, dadas as elevadas potencialidades desta tecnologia, há um forte investimento por parte das empresas produtoras no seu desenvolvimento, esperando-se que, a curto/médio prazo surjam no mercado soluções para as mais diversas utilizações no sector residencial.



## Anexo 7. Curiosidades energéticas

<p><b>PROJECTO ENERGIA</b></p> <p><b>O AMBIENTE É DE TODOS – VAMOS USAR BEM A ENERGIA</b></p> <p></p>	
--	---

<p><b>SABIA QUE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Se substituir 5 lâmpadas incandescentes de 60W por 5 lâmpadas economizadoras de 11W, ao fim do ano, pode poupar até 50 euros?</li><li>• A união Europeia, até 2012, vai retirar do mercado as lâmpadas incandescentes, pois têm um baixo rendimento energético?</li><li>• As lâmpadas economizadoras consomem até 80% menos do que as incandescentes?</li><li>• As lâmpadas economizadoras não podem ser deitadas no lixo e devem ir para centros de recolha?</li></ul> <p><u><b>Troque de lâmpadas, o orçamento vai melhorar e o ambiente agradece!</b></u></p>		
<p><b>SABIA QUE...</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• As lâmpadas economizadoras são uma boa opção, pois dão a mesma luz mas consomem menos 80% de energia.</li><li>• Um PC portátil consome menos 90% de energia do que um fixo.</li><li>• Por cada tonelada de vidro reciclado, poupamos 1200kg de matérias-primas e 130kg de combustível.</li><li>• Por cada tonelada de papel reciclado, evitamos cortar 14 árvores, gastar 50000L de água e 2 barris de petróleo.</li><li>• Só nas habitações consome-se 22% do consumo de energia de Portugal e 27% do total de electricidade.</li><li>• Na zona de Lisboa, uma casa eficiente poupa 250€ por ano em consumos de energia.</li><li>• No aquecimento de água e na confecção de alimentos gasta-se 50% do consumo energético do sector doméstico.</li><li>• A queima dos combustíveis fósseis adiciona anualmente mais de 6000000000T de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.</li></ul>		
<p><b>SABIA QUE:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• A energia solar pode ser aproveitada para cozinhar?</li></ul> <p>Visite a Feira Franca e prove o delicioso “Bolo Solar”, confeccionado num forno solar.</p>	 	



## Anexo 8. Ficha base de equipamentos; avaliação energética (excerto)

Ficha base de equipamentos  
(adaptada)

Equipamento	N.º de equipamentos	Consumo diário (Wh)	Consumo total diário (Wh)	Consumo (kWh)	Consumo final do mês (X 30 dias) (kWh)
Frigorífico 1 porta	2	456	912	0,912	27,36
Frigorífico 2 portas	2	984	1968	1,968	59,04
Arca congeladora	3	864	2592	2,592	77,76
Total					164,16

Equipamento	N.º de ciclos realizados por semana (N.º de lavagens)	Consumo por ciclo (Wh/ ciclo)	Consumo semanal (Wh)	Consumo semanal (kWh)	Consumo mensal (X 4) (kWh)
Máquina de lavar roupa	2	950	1900	1,9	7,6
Máquina de lavar louça	150 *	80 *	12000	12	48
Total					55,6

\* Nota:  
Foram contabilizadas 150 ciclos/ semana  
Existem 3 máquinas, cada uma efectua, em média, 10 lavagens por dia (3 X 10 X 5 dias semana = 150)

\*Foi alterado o consumo por ciclo de 1050 para 80:

Cada ciclo demora 5 minutos = 0,08 horas  
A potência da máquina é de 1000w  
Logo o consumo é 1000x 0,08 = 80 Wh

Equipamento	N.º de horas de funcionamento por dia	Potência (W)	Consumo diário (Wh)	Consumo diário (kWh)	Consumo mensal (X 22 dias) (kWh)
Televisão	3	100	300	0,3	6,6
Televisão (stand-by)	-	7	-	-	-
Leitor e gravador de vídeo/ DVD	2	30	60	0,06	1,32
Leitor e gravador de vídeo/ DVD (stand-by)	-	5	-	-	-
Aparelhagem de som	3	55	165	0,165	3,63
Aparelhagem de som (stand-by)	-	2	-	-	-
Computador (i)	5	100	500	0,5	(11)
X 79					86
Computador (stand-by)	2	4	8	0,08	(1,76)
X10					17,6
Aquecimento eléctrico*	5	1500	7500	7,5	(165)
X4					86
Lâmpada incandescente	-	60	-	-	-
Lâmpada economizadora	1	11	11	0,011	0,242
Lâmpada fluorescente tubular	5	36	180	0,18	(3,96)
X20 salas X 6 lâmpadas/sala					275
Total					2033,592

\*O aquecimento eléctrico só está ligado nos dias muito frios.  
Contabilizamos 20 salas (são 33)

Total das 3 parcelas = 164,16 + 55,6 + 2033,592 = 2253,352kWh

Aquecimento	Área (m²)	Consumo específico	Consumo
Electricidade	5697	2,9 kWh /m²	16 521,3 kWh
Gás natural	-	0,3 m³ /m²	-
Gás propano	-	0,3 kg /m²	-



Águas quentes	Área (m²)	Consumo específico	Consumo
Electricidade	5697	4,7 kWh /m²	26775,9 kWh
Gás natural	-	0,5 m³ /m²	-
Gás propano	5697	0,3 kg /m²	1709,1 kg

Observações:

Área total escola = 4560m²  
Área do pavilhão = 1137m²

**Factura de electricidade do mês de Abril – 1133,74 euros x 12 meses = 13604,88 euros anuais**

**Factura do gás = 654,29 X 12 meses = 7851.48 euros**

Consumo do mês de Abril, em kWh – 8 682,00kWh  
Durante 1 ano temos, aproximadamente, 8 682,00 x 12 = 104 184,00kWh

Dos equipamentos que foram registados na ficha, os que mais consomem energia são:

- Iluminação
- Computadores
- Aquecedores

## ESCOLA BÁSICA DE LAVRA

### AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DA ESCOLA A PARTIR DA FICHA DIAGNÓSTICO

#### Resultados e conclusões

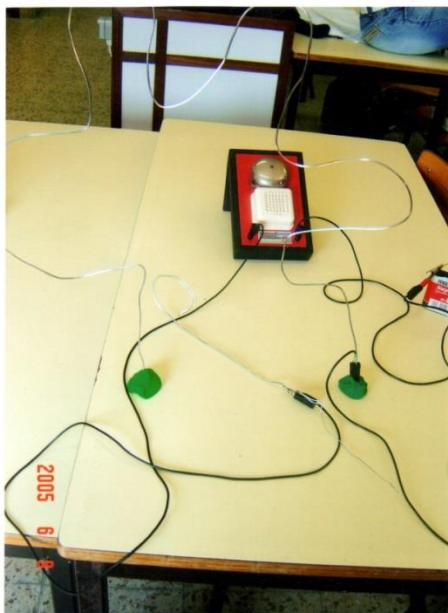
- Número total de questões de resposta S/N: 43
- Número total de respostas S: 26 (67%)
- De acordo com os resultados da ficha diagnóstico, a escola obteve mais de 50% de respostas SIM, logo pode ser considerada mediamente eficiente do ponto de vista energético. Contudo, existem alguns pontos fracos que convém melhorar.
- Foi feita uma análise mais pormenorizada, onde se destacam os pontos fortes e fracos e se propõem medidas para melhorar a eficiência energética, de modo a minimizar os impactos directos e indirectos. No entanto, em algumas situações, será pertinente a opinião de um técnico, pois são questões que se prendem com a estrutura do edifício e com equipamentos e com a viabilidade ou não de optar por energias renováveis, por exemplo, painéis solares ou fotovoltaicos, situações em que o nosso poder de intervenção é muito limitado.
- Verifica-se que a escola, ao longo dos anos, tem vindo a desenvolver boas práticas energéticas e ambientais. Porém, existem dois grandes pontos fracos: isolamento térmico/ climatização e a não utilização de energias renováveis.
- Relativamente aos transportes, verifica-se que, dos 646 elementos da comunidade educativa (professores, alunos e pessoal auxiliar), cerca de 1% utilizam a bicicleta nas deslocações para a escola, 8% deslocam-se a pé e 25% utilizam os transportes públicos.

	Pontos fortes	Pontos fracos	Acções desenvolvidas e a desenvolver
Iluminação	<ul style="list-style-type: none"><li>-Na escola, todas as lâmpadas são de baixo consumo.</li><li>-Existe a prática de desligar as lâmpadas quando não estão a ser necessárias.</li><li>-Sempre que possível, recorre-se à iluminação natural.</li><li>-Das doze lâmpadas existentes nas salas de aula, só estão a funcionar seis, pois são as suficientes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-A iluminação contribui com uma grande parcela na factura de electricidade.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Participação na campanha de troca de lâmpadas.</li><li>-Reforçar a prática de desligar as luzes, colocando lembretes junto dos interruptores.</li><li>-Iluminação exterior da escola com painéis fotovoltaicos. *</li></ul>

## Anexo 9. Atividade experimental

### O JOGO DO CIRCUITO

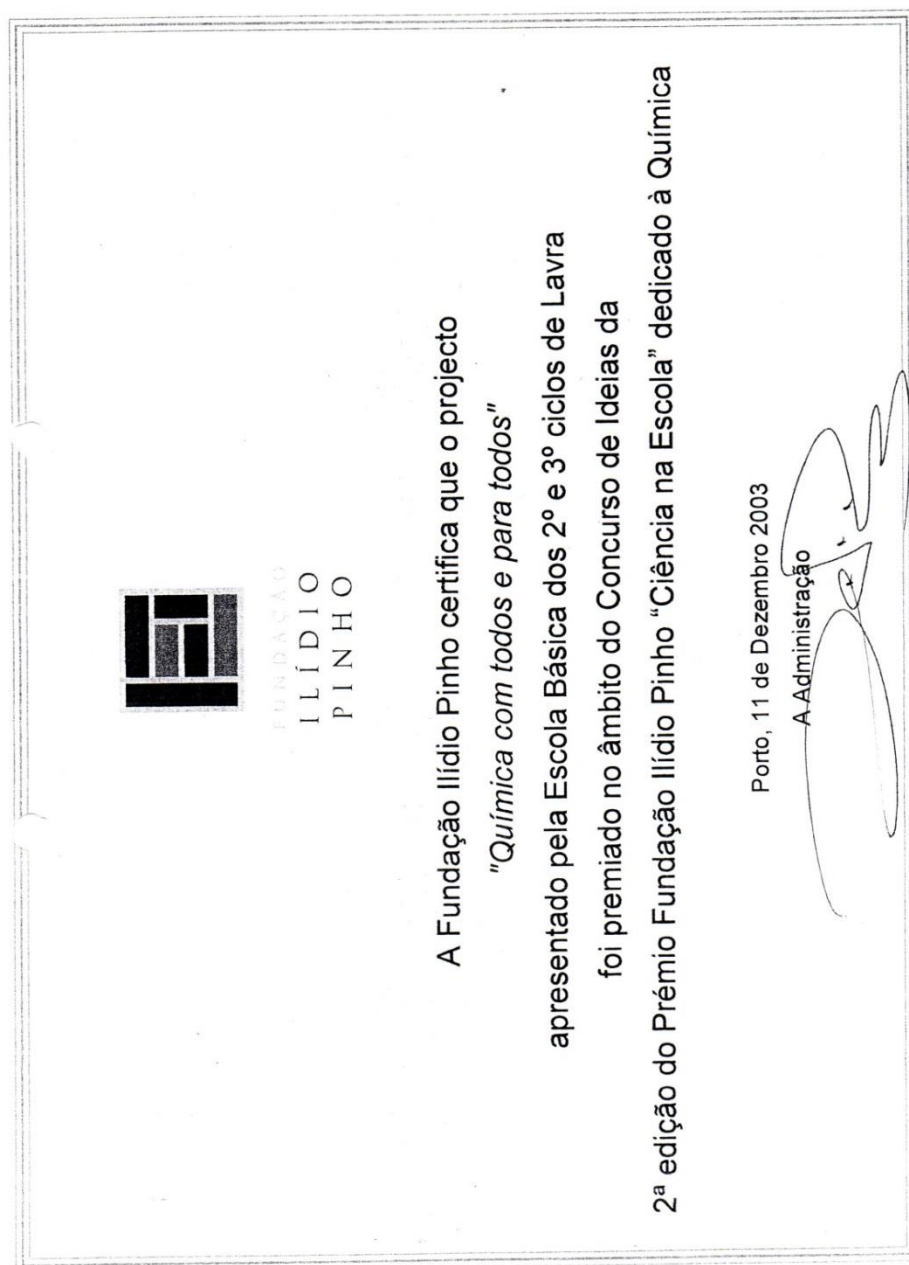
- Tenta passar o circuito com a pega sem tocar no arame;
- Se tocares no arame a campainha toca e perdes;
- Se chegares ao fim do circuito sem tocar no arame, ganhas um reboçado.
- Diverte-te!



#### Explicação:

Quando tocas com a pega no arame, o circuito fica fechado e há passagem da corrente eléctrica que faz a campainha funcionar.

## Anexo 10. Certificado de participação



## Anexo 11. Excerto do livro de receitas de cristais

### FOLHA DE REGISTO

Nome do sal: sulfato de cobre + sulfato de amônio (solonite de cobre)

Quantidade de sal utilizada para 200mL de solução: 40 g de cada

Data de preparação: 21/04/04

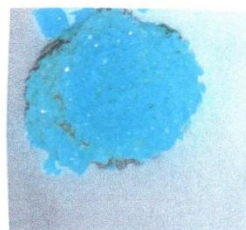
Data de formação dos cristais: no próprio dia, passadas algumas

Cor do cristal formado: branco  
azul claro

Condições atmosféricas:

Data	Temperatura ambiente/ °C	Humidade Relativa %
21/04	17	68

Descrição do cristal formado (se possível com desenho ou fotografia):



Observações: A solução ficou a cristalizar numa  
camcha

Grupo responsável: Ana, Carolina, Ana Ano: 8.º Turma B  
Rocha

## Anexo 12. Receita de cristais

### ESCOLA BÁSICA DE LAVRA OFICINA DE CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS – 8º ANO

**ACTIVIDADE:** Formação de cristais

**OBJECTIVOS:**

- Obter cristais de forma rápida, por simples arrefecimento de soluções saturadas;
- Manusear, em segurança, material simples de laboratório;
- Adquirir técnicas laboratoriais envolvidas numa cristalização: pesagem, dissolução, condições em que se efectua a cristalização,...;
- Adquirir conceitos básicos, tais como: mistura, solução, soluto, solvente, solução saturada, solubilidade, cristalização.

**PROCEDIMENTO:**

**Parte I**

- Pesa 200g de hidrogenofosfato de amónio+ 0,5g de alumínio de cromo.
- Dissolve os sais em 350g de água destilada a ferver.
- Agita com a vareta de vidro, mantendo o aquecimento até a dissolução completa.
- Filtra a solução obtida.
- Transfere a solução para o recipiente onde vais efectuar a cristalização. Usa preferencialmente recipientes de plástico.
- Aguarda alguns dias até que aparecem os cristais. Retira-os com uma pinça e deixa secar ao ar em cima de um papel de filtro.

**Parte II**

**(Podes usar sementes da receita da parte I para obteres cristais maiores)**

- Pesa 80g de hidrogenofosfato de amónio + 0,5g de alumínio de cromo
- Dissolve os sais em 250cm<sup>3</sup> de água destilada a ferver.
- Agita com a vareta de vidro, mantendo o aquecimento até a dissolução completa.
- Deixa a solução arrefecer, transfere-a para o recipiente onde vais efectuar a cristalização e coloca sementes obtidas na parte I.
- Aguarda alguns dias até que aparecem os cristais.
- Retira-os com uma pinça e deixa secar ao ar em cima de um papel de filtro.
- Depois de secos aplica uma camada de verniz transparente para retardar a sua decomposição e ajudar a fixação dos cristais.
- Regista, em folha própria, algumas informações sobre as condições em que vai ocorrer a cristalização. A folha vai estar afixada ao lado do recipiente da cristalização.

**Notas:**

- ✓ As preparações devem ser feitas usando bata, óculos de protecção e luvas e num local bem ventilado.

## Anexo 13. Atividade experimental “fotogramas”

### ESCOLA BÁSICA DE LAVRA OFICINA DE CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS- 8º ANO

**ACTIVIDADE:** Realização de fotogramas

O fotograma é a impressão em papel fotográfico de um ou vários objectos, através da luz branca, fazendo composições de acordo com a nossa imaginação.

**OBJECTIVOS:**

- Reconhecer que há reacções que ocorrem por acção da luz;
- Adquirir procedimentos de impressão em papel fotográfico;
- Reconhecer a presença da Química num laboratório de fotografia.

**MATERIAL NECESSÁRIO E LOCAL DE TRABALHO:**

Sala escura, ampliador, papel de impressão fotográfica, revelador, fixador, tinas de plástico, pinças e molas, diversos objectos (fios, folhas de árvores, areia, ...)

**PROCEDIMENTO:**

- Numa sala escura, em presença de luz de segurança (luz vermelha), coloca na base do ampliador a folha de papel fotográfico com o lado brilhante voltado para cima.
- Dispõe sobre a folha os objectos que pretendes, fazendo uma composição.
- Expõe a folha de papel fotográfico à luz do ampliador durante aproximadamente 5 segundos.
- Mergulha a folha numa tina com revelador durante 2 minutos e agita ligeiramente.
- Retira a folha do revelador e coloca-a numa tina de lavagem com água.
- Transfere a folha para a tina que contém o fixador e aguarda 5 minutos, agitando ligeiramente.
- Lava a folha em água corrente, na banca, durante 30 minutos.
- Após a lavagem, o fotograma deve ser posto a secar numa corda preso com molas. Está pronto o fotograma.

NOTA: O revelador e o fixador devem estar à temperatura de 18 °C.

**QUESTÕES:**

- 1- As reacções químicas na folha de papel fotográfico ocorrem, por acção:  
Selecciona a opção correcta
  - A- da corrente eléctrica.
  - B- do calor
  - C- da luz
- 2- Como é constituído o papel fotográfico?
- 3- Por que motivo o papel exposto à luz fica enegrecido?
- 4- Escreve a equação de palavras que traduz a reacção que ocorre no papel fotográfico.
- 5- Indica qual é a função do revelador e do fixador.
- 6- Por que razão se faz a lavagem final?
- 7- O que costumam fazer às radiografias que já não te interessam? Sabes que se podem reciclar? Procura saber mais sobre o assunto.

## Anexo 14. Divulgação do prémio na escola

14/04/2005

Ans. Exe.

Ministério da Educação

PARABÉNS

DREN

2722

15.9.105

N.º do doc. 121

ESCOLA EB 2,3 DE LAVRA

C/Conhecimento:

Exmo(a) Senhor(a)  
Presidente do Conselho Executivo  
EB 2,3 Dr. José Domingos dos Santos  
Rua da Cruz  
4455-112 LAVRA

Sua referência

Sua comunicação / Data

Nossa referência / Data  
DSP/EMFQ

018347 6-APR-05

**ASSUNTO:** Prémio Fundação Ilídio Pinho "Ciência na Escola"  
Edição 2004/2005 – Física

O Júri do Prémio Fundação Ilídio Pinho "Ciência na Escola", constituído por representantes das diferentes Direcções Regionais de Educação, da Sociedade Portuguesa de Física, da Confederação Nacional das Associações de Pais, bem como da Fundação Ilídio Pinho, reuniu em 9 de Março passado para apreciação final dos projectos candidatos ao Concurso de Ideias, tendo seleccionado o projecto "Experimenta e brinca com a Física à mistura" apresentado pela vossa escola.

Desde já felicitamos a vossa Escola e desejamos o maior sucesso na implementação e desenvolvimento do projecto no presente ano lectivo.

Com os melhores cumprimentos,

O Director de Serviços Pedagógicos

Zeferino Lemos

MV/

DIRECÇÃO REGIONAL DE EDUCAÇÃO DO NORTE

1/1

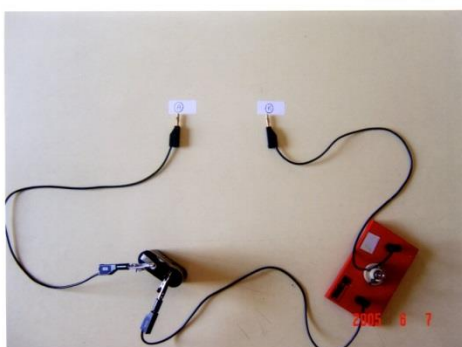
Rua António Carneiro • 4349-003 • Porto • PORTUGAL  
Tel.: (351) 225 191 100 • Fax: (351) 225 103 151  
Website: [www.dren.min-edu.pt](http://www.dren.min-edu.pt)  
E-mail: [dren@dren.min-edu.pt](mailto:dren@dren.min-edu.pt)



## Anexo 15. Atividades experimentais

### CONDUZ OU NÃO CONDUZ?

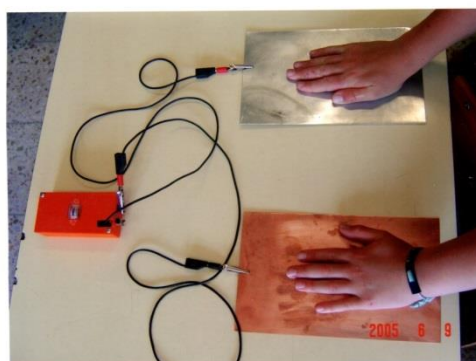
- Observa o circuito;
- Coloca entre A e B objectos de diferentes materiais, para investigares se conduzem ou não a corrente eléctrica;
- Observa e regista os resultados na tabela.



**Explicação:** A lâmpada acende quando os objectos são bons condutores da corrente eléctrica, por exemplo os metais, ficando o circuito fechado.

### PILHA HUMANA

- Apoia uma mão numa placa metálica da esquerda e a outra numa placa da direita;
- Observa o aparelho detector de corrente eléctrica;
- É produzida corrente eléctrica? Com que placas? E usando luvas de borracha?



**Explicação:** A maior parte das pilhas são formadas por um metal facilmente oxidável (eléctrodo negativo) e outro metal menos oxidável (eléctrodo positivo). Os eléctrodos estão mergulhados numa solução condutora, o electrólito. Aqui, o corpo humano funciona como electrólito, excepto quando são usadas luvas de borracha.

## Anexo 16. Atividades experimentais



Ano Internacional da  
**QUÍMICA**  
2011





### HÁ QUÍMICOS EM LAVRA

### PADRÕES COLORIDOS

#### Procedimento:

- colocar um pouco de leite gordo num prato de plástico;
- adicionar 1 ou 2 gotas de um ou dois corantes alimentares;
- colocar detergente (Fairy) num cotonete e deixar cair no leite, por cima de uma mancha de corante;
- observar os padrões formados.



#### Explicação:

O detergente diminui a tensão superficial do líquido. Isto permite às partículas do leite à superfície espalharem-se mais. Ao afastarem-se arrastam os corantes que assim se misturam criando diversos padrões.

Grupos disciplinares de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais e Ciências da Natureza (2.º e 3.º ciclos)

## SAUDAÇÃO QUÍMICA

### Procedimento:

- colocar um pouco de fermento dentro de uma luva de borracha;
- colocar um pouco de vinagre dentro do copo de precipitação;
- adaptar a luva de borracha ao copo, de modo a ficar bem apertada;
- transferir o fermento da luva para dentro do copo;
- observar...



### Explicação:

Quando o fermento entra em contacto com o vinagre ocorre uma reação química em que há libertação de um gás, o dióxido de carbono, que vai encher a luva.

Grupos disciplinares de Ciências Físico-Químicas, Ciências Naturais e Ciências da Natureza (2.º e 3.º ciclos)

## Anexo 17. Marcadores de livros



"Conto-me entre os que consideram haver grande beleza na ciência. (...) Um cientista no seu laboratório não é apenas um técnico, mas também uma criança colocada diante de fenómenos naturais que a maravilham como um conto de fadas."

Marie Curie  
(1867-1934)



Biblioteca/ Centro  
de Recursos  
Escola E.B. 2,3 Dr.  
José Domingues  
dos Santos





"(...) Eles [laboratórios] são os templos do futuro, da riqueza e do bem-estar social. É por intermédio deles que a humanidade cresce, se fortifica e melhora. É neles que o Homem aprende a ler os segredos da natureza, da evolução e da harmonia universal (...)"


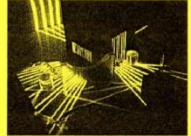


Marie Curie  
(1867-1934)





## Anexo 18. Guiões de visitas de estudo

<p><b>Objectivos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• permitir o contacto directo com as fontes;</li> <li>• despertar nos alunos o interesse pela Ciência;</li> <li>• promover o ensino das ciências fora da escola;</li> <li>• promover uma aprendizagem baseada na observação directa e na experimentação;</li> <li>• sensibilizar os alunos para a importância da preservação do Património Histórico;</li> <li>• desenvolver o gosto pelas viagens, a capacidade de observação, o espírito de iniciativa, a curiosidade, a imaginação e a reflexão crítica;</li> <li>• promover um convívio saudável entre professores e alunos.</li> </ul> <p><b>Forma de avaliação:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• observação directa da participação/ interesse dos alunos;</li> <li>• inquérito de satisfação.</li> </ul> <p><b>Professores participantes:</b> Anabela Pinto; Fátima Lobato; Graça Gonçalves; Maria José Pinho; José Azevedo.</p>	<p><b>Programa:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 07.30h—Partida da escola</li> <li>• 10.00h—Mosteiro de Santa Clara-a-Velha (grupo A)</li> <li>• 11.00h—Mosteiro de Santa Clara-a-Velha (grupo B)</li> <li>• 12.30h—Almoço</li> <li>• 14.30—Exploratório (grupo A)</li> <li>• 16.00h—Exploratório (grupo B)</li> <li>• 20.00h—Chegada prevista à escola</li> </ul> <p><b>Não te esqueças de ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• respeitar as pessoas e os locais da visita;</li> <li>• escutar com atenção os guias das visitas;</li> <li>• ler as instruções/ explicações das experiências;</li> <li>• seguir as orientações dos professores;</li> <li>• aproveitar a oportunidade para conhecer coisas novas;</li> <li>• tirar fotografias, recolher informação, ...</li> </ul> <p><b>Diverte-te!</b></p>	<p><b>Escola Básica de Lavra</b> <b>Visita de Estudo a Coimbra – 8.º ano</b> <b>Departamento de Ciências Sociais e Humanas</b> <b>Departamento de Ciências Físicas e Naturais</b> <b>23 de Março de 2010</b></p> <p><b>MOSTEIRO DE SANTA CLARA-A-VELHA</b> Situado na margem esquerda do Rio Mondego e implantado a uma cota muito baixa, este templo gótico está associado de uma forma simbólica à carismática figura da Rainha Santa, D. Isabel de Aragão.</p>  <p><b>EXPLORATÓRIO—CENTRO DE CIÊNCIA VIVA DE COIMBRA</b> O Exploratório Infante D. Henrique, primeiro centro interativo de Ciência em Portugal, foi constituído em 1995 como associação sem fins lucrativos, tendo a Universidade de Coimbra e a sua Faculdade de Ciências e Tecnologia como principais associados fundadores e a Casa Municipal da Cultura de Coimbra como anfitriã. Em 2009, passou a dispor de um edifício próprio, com uma exposição principal dedicada às relações entre as ciências básicas e a saúde.</p> 
--	--	---

<p><b>EXPLORATÓRIO</b> <b>Exposições</b></p> <p><b>Em boa forma... com a ciência</b> Uma exposição interactiva sobre os princípios básicos da ciência e a sua estreita ligação à saúde: um arquipélago de experiências em crescimento/erupção.</p> <p><b>"Viajar" com a Ciência</b> <b>Destino: Luz &amp; Cor</b> Exposição sobre luz e cor, patente no interior do autocarro. Uma colecção de experiências no ambiente escurecido de um autocarro desactivado:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Confundir-se com outro visitante (espelhos semi-transparentes)</li> <li>• Tocar ou falar para a bola de relâmpagos artificiais (bola de plasma)</li> <li>• Produzir sombras de cor (uso das cores primárias)</li> <li>• Espreitar o infinito (imagens em espelhos paralelos)</li> <li>• Ver através de corpos opacos com o "óculo mágico" (princípio do periscópio)</li> <li>• Deixar a imagem na parede (uso de placa fosforescente), ...</li> <li>• ... e muito mais.</li> </ul>	   	<p><b>MOSTEIRO DE SANTA CLARA-A-VELHA</b> Em 1314 D. Isabel de Aragão, a Rainha Santa, casada com D. Dinis, o Lavrador, solicitou ao Papa autorização para erguer um Mosteiro, no local onde existia uma primitiva edificação de uma comunidade religiosa. A Rainha tinha grande apreço pelo Mosteiro, tendo decidido ser aí sepultada. O Mosteiro surge associado a vários episódios da vida da Rainha Santa, sendo o mais famoso o Milagre das Rosas, que teria ocorrido nas imediações do Mosteiro. O arquitecto-mor do Mosteiro foi Domingos Domingues. A arquitectura combina os estilos românico e o gótico, com predominância deste último estilo, que se generalizou em Portugal durante o séc. XIV. A planta compreende três naves de altura semelhante, sem transepto. Ao contrário da maioria das igrejas mendicantes da época, a cobertura é integralmente de pedra. As abóbodas em berço quebrado e a técnica de separação das naves são sinais de influência românica. A iluminação das naves é feita por duas rosáceas nos extremos da nave central e por janelas duplas nas paredes laterais. A igreja foi sagrada em 1330. Posteriormente, foi construído um claustro, uma sala capitular e outras dependências, reveladas pelos trabalhos de recuperação. Logo em 1331 a cheia do Mondego invadiu o recinto, iniciando o afundamento do Mosteiro. No final de 1995 iniciaram-se as obras de recuperação do Mosteiro, que ficaram concluídas em 2009.</p>
---	---	--

Escola EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos  
Visita de Estudo - Exploratório Infante D. Henrique (Coimbra)  
Abril de 2005

Não te esqueças:

- Respeita as pessoas e os locais que visitas;
- Escuta com atenção os guias das visitas;
- Lê as instruções/explicações das experiências;
- Aproveita a oportunidade para conheceres coisas novas;
- Segue as orientações dos professores acompanhantes;
- Preenche este questionário e entrega-o ao teu professor;
- Diverte-te!



**I- Visita ao Exploratório**

A visita está dividida em três partes: **Planetário Insuflável (A)**, **Módulos Interactivos (visita guiada) (B)** e **Exploração livre (C)**. Responde às questões que se seguem. Se necessário pede ajuda ao teu professor e/ou monitor.

**(A) – No Planetário:**

- 1- Indica o nome de duas das constelações que observaste. \_\_\_\_\_
- 2- Qual a constelação à qual pertence a Estrela Polar. \_\_\_\_\_
- 3- Qual o ponto cardeal que indica a Estrela Polar. \_\_\_\_\_
- 4- No movimento aparente das estrelas, podemos dizer que elas se movem de ... para ....
- 5- Que planetas identificaste no planetário? \_\_\_\_\_

**(B) e (C) – No Exploratório**

- 1- Identifica a experiência que mais gostaste:

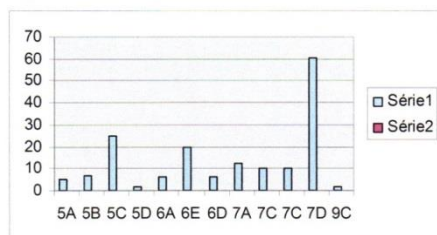
- 1.1- Faz o esquema dessa experiência.

- 1.2- Explica a experiência.

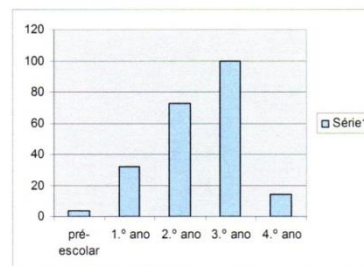
## Anexo 19. Quantidade de óleo alimentar usado

### Quantidade de óleo recolhido durante o ano lectivo de 2008/09 (em litros)

E.B. 2,3 Dr. José Domingues dos Santos



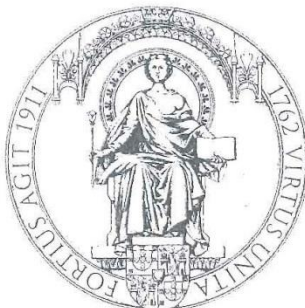
E.B. 1 Cabanelas



Turma	Quantidade de óleo (em litros)
E.B. 2,3	
5.ºA	5
5.ºB	7
5.ºC	25
5.ºD	1,5
6.ºA	6
6.ºD	6
6.ºE	20
7.ºA	12,5
7.ºC	10
7.ºD	60,5
9.ºC	1,5
Cabanelas	
Pré-escolar	3,5
1.º ano	32
2.º ano	72,5
3.º ano	100
4.º ano	14
<b>TOTAL</b>	<b>377</b>

Parabéns às equipas vencedoras, aos participantes e a todos que colaboraram no projecto. Um agradecimento especial às turmas do 7.º C e do 7.º D, pela divulgação e implementação do projecto. Um agradecimento às turmas da E.B.1 de Cabanelas, pelo entusiasmo... E à Lipor e Junta de Freguesia de Lavra, pelos brindes.  
O AMBIENTE AGRADECE!

## Anexo 20. Certificado de formação “Química e Qualidade de vida”



U.P. PORTO

### CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

Certifica-se que **Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira**

Portador do B.I. nº. 7009087,

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores **Química e Qualidade de Vida**,

realizado no Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,

com a duração de 25 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua

com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-66336/11, conforme o certificado datado de 15 de Abril de 2011,

que decorreu de 9 a 12 de julho de 2012,

tendo obtido a classificação final de **10 valores**

numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores dos Grupos 510 e 520.

O curso foi leccionado pelos Formadores: Prof. Doutor Joaquim Carlos Gomes Esteves da Silva (registo CCPFC/RFO-01901/97) e Mestre Sónia de Jesus Rocha (registo CCPFC/RFO-16669/03).

Porto, 17 de julho de 2012

O Director da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)

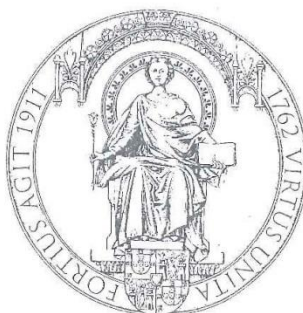
O Responsável pelo Curso de Formação  
Joaquim Carlos Gomes Esteves da Silva  
(Professor Associado)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013



**Anexo 21. Certificado de formação “Atividades na sala de aula com a calculadora gráfica e sensores, para o 3.º ciclo do Ensino Básico e para o Secundário**



U. PORTO

**CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA**

Certifica-se que **Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira**  
portador do B.I. nº. 7009087,

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores Actividades da Sala de Aula com Calculadora Gráfica e Sensores, para o 3º ciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário, realizado no Departamento de Física e Astronomia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, com a duração de 25 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-55204/09, conforme o certificado datado de 21 de Janeiro de 2009, que decorreu de 21 de Setembro a 23 de Outubro de 2010, tendo obtido a classificação final de **10 valores** numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores do Grupo 510.

O curso foi leccionado pelos Formadores: Prof. Dr. Paulo Simeão de Oliveira Ferreira de Carvalho (registo CCPFC/RFO-05325/98) e Prof. Dr. Manuel Joaquim Bastos Marques (registo CCPFC/RFO-02464/97).

Porto, 3 de Novembro de 2010

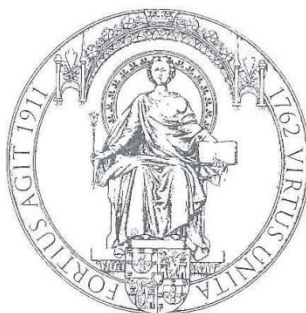
O Director da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)

O Responsável pelo Curso de Formação  
Paulo Simeão de Oliveira Ferreira de Carvalho  
(Professor Auxiliar)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013

## Anexo 22. Certificado de formação “Astronomia – do Sistema Solar à Origem do Universo”



U. PORTO

### CERTIFICADO DE FORMAÇÃO CONTÍNUA

Certifica-se que **Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira**

Portador do B.I. n.º 7009087,

concluiu o Curso de Formação Contínua de Professores **Astronomia: do Sistema Solar à origem do Universo**,

realizado no Departamento de Matemática da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto,

com a duração de 25 horas totais, acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua

com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-55202/09, conforme o certificado datado de 21 de Janeiro de 2009,

que decorreu de 5 a 19 de Julho de 2010,

tendo obtido a classificação final de **9 valores**

numa escala numérica de 0 a 10.

Para efeitos de aplicação do n.º 3 do artigo 14.º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores, o presente curso releva para a progressão na carreira de Professores dos Grupos 510 e 520.

O curso foi leccionado pela Formadora: Prof. Doutora Maria Teresa Vaz Torrão Lago (registo CCPFC/RFO-03244/97).

Porto, 23 de Setembro de 2010

O Director da FCUP  
António Fernando Sousa da Silva  
(Professor Catedrático)



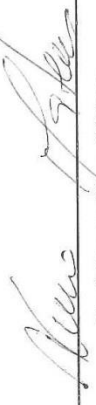
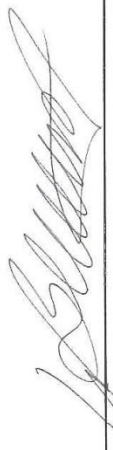

O Responsável pelo Curso de Formação  
Maria Teresa Vaz Torrão Lago  
(Professor Catedrático)

*Teresa Lago*

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013

## Anexo 23. Certificado de formação "Experiências divertidas em Química"

 FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO	 Medida 5 / Ação 5.1 UNIAO EUROPEIA Fundo Social Europeu
<h1>Certificado de Formação</h1>	
<p>Certifico que o(a) Dr.<sup>(a)</sup> <u>Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira</u></p> <p>portador(a) do B.I. nº 7009087 frequentou com aproveitamento o Curso de Formação "Experiências Divertidas em Química" com a duração de 25 horas, que decorreu no Departamento de Química da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, de 19 a 23 de Junho de 2006 no âmbito do PRODEP III, co-financiado pelo Fundo Social Europeu. Este curso está acreditado pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua com 1 crédito, correspondendo-lhe o registo CCPFC/ACC-39870/05, conforme o certificado datado de 25 de Julho de 2005.</p> <p>Porto, 28 de Junho de 2006</p>	
<p>O Responsável pelo Curso de Formação</p> <p> Prof. Doutor Nuno Mateus</p>	<p>O Director da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto</p> <p> Prof. Doutor Baltazar Manuel Romão de Castro</p>
<p>Está conforme o original que me foi presente</p> <p> En22 / 10 / 2013</p>	

Anexo 24. Certificado de formação “Perspetivas cognitivas no ensino da Física”

DOC 4



# CERTIFICADO

1996

De acordo com os documentos existentes no arquivo do

## Centro de Formação de Professores Rui Grácio

acreditado como entidade formadora pelo Conselho Científico Pedagógico da Formação contínua certifico, nos termos do artº 13º do Decreto-Lei 249/92 ratificado pela lei 60/93 de 20 de Agosto de 1993 da Assembleia da República com as alterações que lhe foram introduzidas pelo Decreto-Lei 274/94, que o(a) professor(a):

*Maria Fátima Lobato Fernandes Pereira*

frequentou com aproveitamento a seguinte acção de formação com as características indicadas:

Nome:	<i>Perspetivas Cognitivas no Ensino da Física</i>
Data de Realização:	<i>96.09.07 a 96.12.20</i>
Duração:	<i>50 horas (2 créditos)</i>
Modalidade:	<i>Curso de Formação</i>
Formador(es):	<i>Adriano Sampaio</i>
Registo de acreditação pelo CCPFC:	<i>CCPFC/ACC-3548/95</i>

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013

O Director do CEFORG

(Dr. Rogério Correia de Castro)

Esc. Sec. Fontes Pereira de Melo

Rua O 1º Janeiro

4100 Porto



DOC 3

# Certificado de Formação

Certifica-se que **MARIA DE FÁTIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA**, Professora do Quadro de Nomeação Definitiva, a leccionar na Escola Secundária João Gonçalves Zarco, portadora do B.I. nº 7009087, frequentou e concluiu com aproveitamento a Acção C. 15. Didáctica da Física e da Química - EB - 3º Ciclo e E. Secundário (1996), modalidade curso de formação, creditado com 1,2 (um, dois) créditos, promovido pelo PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos, turma A, orientada pelo formador Eduardo Manuel S. S. Falcão, com a duração de 30 horas, que decorreu de 27 de Junho a 16 de Julho de 1996, na Escola Secundária de Augusto Gomes - Matosinhos e que foi financiada pelo F.S.E. - Fundo Social Europeu e Estado Português.

Matosinhos, 96/08/27

O Director do PRÓfessor

(Jorge Lima)

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013

## Anexo 26. Certificados de participações diversas

### O Ensino da Física nas Escolas – Situação e Perspectivas

Braga, 21 de Janeiro de 2005



Universidade do Minho  
Escola de Ciências  
Departamento de Física



### Certificado de Participação

Certifica-se que

Flávia de Fátima Lobato Fernandes Pereira

participou no Encontro de Professores que se realizou na  
Universidade do Minho, no âmbito das comemorações do  
Ano Internacional da Física – 2005.

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

M<sup>te</sup> Elizabeth M. do Porto

Comissão Organizadora

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013

### DECLARAÇÃO

Para os devidos efeitos se declara que Maria de Fátima Lobato F. Pereira  
esteve presente no dia **19 de Outubro de 2005**, pelas **15 horas**, na  
palestra "**O que faz Einstein na minha sala de estar?**" proferida pelo **Professor Doutor**  
**João Lopes dos Santos**, no Auditório da Câmara Municipal de Matosinhos, desenvolvida no  
âmbito das comemorações dos 50 anos da Escola.

Matosinhos, 19 / Outubro / 2005

A Coordenadora do Departamento de Ciências

*Helena Azeredo*

O Presidente do Conselho Executivo

*[Assinatura]*

Com o apoio da:



Esta conforme o original que  
me foi presente

*[Assinatura]*

Em 23/10/2013



Centro de Astrofísica  
da Universidade do Porto

Rua das Estrelas s/n - 4150-762 Porto - Portugal  
Tel +351 226089830 - Fax +351 226089831  
e-mail: [www@astro.up.pt](mailto:www@astro.up.pt) | internet: [www.astro.up.pt](http://www.astro.up.pt)

## Certificado de frequência

Certifica-se que

**Maria de Fátima Lobato Fernandes Pereira**

frequentou o Curso de Formação em Astronomia,  
organizado pelo Centro de Astrofísica da Universidade do Porto,  
a 7 de Abril de 2003.

Pelo CAUP

Está conforme o original que  
me foi presente

Em 22/10/2013



Certifica-se que Flávia de Fátima Lobato Fernandes Fencizia,  
frequentou o Dia da Astrofísica, seja a Semana da Cultura Científica,  
que teve lugar na Biblioteca Municipal Almeida Garrett de 19 a 24 Novembro de  
2001, promovido pela Câmara Municipal do Porto - Pelouro de Animação da Cidade.

A VEREADORA DO PELOURO D' ANIMAÇÃO DA CIDADE

Wills

(Marcelo Melo)

Está conforme o original que me foi presente

Em 22/10/2013



semana da cultura científica

certificado

Certifica-se que *Italoacustuma Lobato Enríquez*,  
frequentou o Dia da *Física* (33.1) na Semana da Cultura Científica,  
que teve lugar na Biblioteca Municipal Almeida Garrett de 19 a 24 Novembro de  
2001, promovido pela Câmara Municipal do Porto - Pelouro de Animação da Cidade.

A VEREADORA DO PELOURO DE ANIMAÇÃO DA CIDADE



(Manuela Melo)

Está conforme o original que  
me foi presente

DEPARTAMENTO  
DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO

SECRETARIA  
MUNICIPAL  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO

PORTO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO

PORTO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO  
DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO

Em 22/10/2013



## Anexo 27. Certificado formação “Competências digitais (nível 1)”

  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CIÊNCIAS  
Formação Continua de Pessoal Docente - 2012  
Ação acreditada pelo CCPFC  
Ação realizada no âmbito da Bolsa de Formadores Internos

  
Centro de Formação de Associação das Escolas de Matosinhos

  
Escola-Sede: Escola Secundária Augusto Gomes

### Certificado de Formação

Declara-se, para os devidos efeitos, que na ação:

Ação **C424. Competências Digitais (Nível 1) - Curso A**  
Modalidade **Curso**  
Acreditação **CCPFC/ACC-58469/09**  
Creditação **0,6 (zero, seis) créditos**  
Duração **15 horas**

Progressão Para efeitos do Artº 5º do Regime Jurídico da Formação Contínua de Professores (RJFCP) esta ação releva para a progressão na carreira de Educadores de Infância e Professores dos Ensinos Básico e Secundário. Para efeitos do nº 3 do Artº 14º do RJFCP esta ação não releva para a progressão na carreira.

Formador(es) **Angela Gomes**

Turma **A**  
Local **EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos**  
Período **De 10 de Janeiro a 20 de Março de 2012**

... o(a) formando(a):

Nome **MARIA DE FATIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA**  
BI / CC **7009087**  
NIF **144187400**  
Escola / Agrupamento **EB 2,3 DR. JOSE DOMINGUES DOS SANTOS**

... obteve a Classificação Final de: **9,5** (Nove, cinco) valores **Excelente**

Matosinhos, 27 de Junho de 2012

Director do CFAE Matosinhos

Jorge Lima




(\*) O CFAE\_Matosinhos tem origem no PRÓfessor – Centro de Formação de Professores de Matosinhos e no Centro de Formação Abel Salazar, extintos em 4 de Julho de 2008, de quem recebeu todos os direitos e obrigações consolidados e decorrentes do seu funcionamento, transmitidos nos termos gerais de direito.

R. Damao 4450-107 MATOSINHOS tel. 229399260 Ext. 44 fax. 229389686 URL: <http://www.cfaematosinhos.eu> E-mail: [cfaematosinhos@gmail.com](mailto:cfaematosinhos@gmail.com)

Esta conforme o original que  
me foi presente




Em 22/10/2013

## Anexo 28. Certificado de formação “Desenvolver e avaliar competências no ensino básico e secundário”

PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos      Escola-Sede: Escola Secundária com 3º Ciclo do E. Básico Augusto Gomes - Matosinhos

Cofinanciado pelo PRODEP III - Medida 5.1 e Estado Português






# Certificado de Formação

Formação Contínua de Pessoal Docente - 2005

Nome	MARIA DE FATIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA
B.I.	7009087
N.F.	144187400
Vínculo	PQND
Escola	EB 2,3 DR. JOSE DOMINGUES DOS SANTOS
Entidade	PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos
Ação	C264 Desenvolver e avaliar competências no E. Básico e Sec.
Modalidade	Círculo de Estudos
Acreditação	CCPFC/ACC-35769/04
Formador(es)	Helena Lopes Almeida
Trab. Presencial	25 (vinte e cinco) horas
Trab. Autónomo	Não se aplica
Turma	B
Período	2005-07-11 a 2005-09-15
Local	E. EB 2,3 Dr. José Domingues dos Santos
Creditação	1,5 (um, cinco) créditos de formação

Matosinhos, 10 de Outubro de 2005



O Director do PRÓfessor,

*(Jorge Lima)*

R. Damão 4450-107 MATOSINHOS tel. 229399260 Ext. 44 fax. 229399866

URL: <http://cfm.matosinhos.cidadevirtual.pt/> E-mail: [cfm.matosinhos@mail.telepac.pt](mailto:cfm.matosinhos@mail.telepac.pt)

Esta conforme o original que me foi presente

*(Assinatura)*

Em 22/10/2013

## Anexo 29. Certificado de formação “Projetos Educativos – Organização”



Centro de Formação de Professores de Matosinhos

Escola-Sede: Escola Secundária de Augusto Gomes

### C e r t i f i c a d o d e F o r m a ç ã o

Formando (a)	MARIA DE FATIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA
Bilhete de Identidade	7009087
Contribuinte nº	144187400
Situação profissional	PQND
Escola em que lecciona	E.B. 2,3 DE LAVRA
Ação realizada	C.168. Projectos educativos - Organização
Modalidade	Círculo de estudos
Entidade promotora	PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos
Turma	A
Acreditação	Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua nº CCPFC/ACC-21012/00
Creditação	3 (três) créditos
Formadores	Judite Rocha
Duração	50 (cinquenta) horas
Período de realização	14 de Fevereiro a 27 de Junho de 2001
Local de realização	Escola EB – 2,3 de Lavra

Matosinhos, 2001/09/07

O Director do PRÓfessor  
(Jorge Lima)



Cofinanciado pelo PRODEP III - FSE e Estado Português

Está conforme o original que

R. Damão 4450 MATOSINHOS Tel. 229361064 Ext. 35 fax. 229387683 E-mail: cfaematosinhos@mail.telepac.pt http://www.cfaematosinhos.pt

me foi entregue

Em 22/10/2013

## Anexo 30. Certificado de formação “Projetos Curriculares Flexíveis”



Centro de Formação de Professores de Matosinhos

Escola-Sede: Escola Secundária de Augusto Gomes

### Certificado de Formação

Formando (a)	MARIA DE FÁTIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA
Bilhete de Identidade	7009087
Contribuinte nº	144187400
Situação profissional	PQND
Escola em que lecciona	E.B. 2,3 DE LAVRA
Ação realizada	C.137. Projectos curriculares flexíveis
Modalidade	Círculo de estudos
Entidade promotora	PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos
Turma	B
Acreditação	Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua nº CCPFC/ACC-16973/99
Creditação	3 (três) créditos
Formadores	DULCE RESENDE COELHO DE RESENDE RAMOS
Duração da acção	50 (cinquenta) horas
Período de realização	25 de Janeiro a 13 de Julho de 2000
Local de realização	Escola EB - 2,3 de Lavra
Cofinanciado por	PRODEP - FSE - Programa FOCO e Estado Português

Matosinhos, 2000/08/28

O Director do PRÓfessor

(Jorge Lima)

Cofinanciado pelo PRODEP - FSE - Programa FOCO e pelo Estado Português



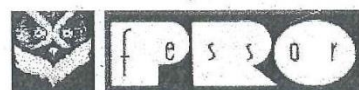
R. Damão 4450 MATOSINHOS tel. 9381064 Ext. 35 fax. 9387683 E-mail: cfaematosinhos@mail.telepac.pt http: www.cfaematosinhos.pt/cfaematosinhos

Esta conforme o original que me foi apresentado

Em 12/10/2013



## Anexo 31. Certificado de formação “Gestão das relações interpessoais na escola”



Centro de Formação de Professores de Matosinhos.



Escola-Sede, Escola Secundária de Augusto Gomes

### Certificado de Formação

Formando (a)	MARIA DE FÁTIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA
Bilhete de Identidade	7009087
Contribuinte nº	144187400
Situação profissional	Professor do Quadro de Nomeação Definitiva
Escola em que lecciona	Escola EB 2,3 de Lavra
Ação realizada	B.8. A Gestão das Relações Interpessoais na Escola
Modalidade	Curso de formação
Entidade promotora	PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos
Turma	B
Acreditação	Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua nº CCPFC/ACC-6454/97
Creditação	2 (dois) créditos
Formador (a)	Cesário Miranda
Duração da acção	50 (cinquenta) horas
Período de realização	21 de Setembro a 15 de Outubro de 1998
Local de realização	Escola EB 2,3 de Lavra
Cofinanciado por	PRODEP - FSE - Programa FOCO e Estado Português

Matosinhos, 98/10/26

O Director do PRÓfessor

(Serge Lima)

CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATOSINHOS

Está conforme o original que  
me foi presente

Cofinanciado pelo PRODEP - FSE - Programa FOCO e pelo Estado Português

R. Damão 4450 MATOSINHOS tel. 9381064 Ext. 35 fax. 9387683 E-mail: cfaematosinhos@mail.telepac.pt <http://www.cidadevirtual.pt/cfaematosinhos>

Em 22/10/2013

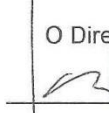
**Anexo 32. Certificado de formação “Projeto Educativo de Escola –  
instrumento de planeamento e autonomia”**

# **C e r t i f i c a d o d e F o r m a ç ã o**

*Certifica-se que MARIA DE FÁTIMA LOBATO FERNANDES PEREIRA, Professora do Quadro de Nomeação Definitiva, a leccionar na Escola EB 2,3 de Lavra, portadora do B.I. nº7009087, frequentou e concluiu com aproveitamento a Acção C.56 Projecto Educativo de Escola - Instrumento de Planeamento e Autonomia (1997), modalidade curso de formação, promovida pelo PRÓfessor - Centro de Formação de Professores de Matosinhos, turma C, acreditada pelo Conselho Científico-Pedagógico da Formação Contínua de Professores com o nº CCPFC/ACC-5851/96, creditada com 2 (dois) créditos, orientada pela formadora Maria Luisa da Costa Campos, com a duração de 50 horas, que decorreu de 18 de Setembro a 28 de Novembro de 1997, na Escola Secundária de Augusto Gomes - Matosinhos e que foi financiada pelo F.S.E. - Fundo Social Europeu (PRODEP - Medida 2 - FOCO) e Estado Português.*

Matosinhos, 98/01/19

O Director do PRÓfessor,

  
**Jorge Lima**  
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE MATOSINHOS

Está conforme o original que  
me foi presente



Em 22/10/2013